This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

600025125L

G. 65. 13. 16.

E. BIBL. RADCL

18843 d 34

EINLEITUNG

IN DIE

KRYSTALLOGRAPHIE.

EINLEITUNG

IN DIE

KRYSTALLOGRAPHIE

UND IN DIE

KRYSTALLOGRAPHISCHE KENNTNISS

DER

WICHTIGEREN SUBSTANZEN.

VON

HERMANN KOPP.

ZWEITE AUFLAGE.

MIT EINEM ATLAS VON 22 KUPFERTAFELN UND 7 TAFELN, NETZE ZU KRYSTALLMODELLEN ENTHALTEND.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1 8 6 2.

Die Herausgabe einer Uebersetzung in englischer und französischer Sprache, sowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

VORREDE ZUR ERSTEN AUFLAGE.

Bei der Ausarbeitung der vorliegenden Schrift leiteten mich verschiedene Zwecke. Ich strebte, die Anfangsgründe der Krystallographie leichtfasslich darzulegen, zur practischen Anwendung der so erlangten theoretischen Kenntnisse oder zur Bestimmung wirklicher Krystalle anzuleiten und anzuregen, und ein Hülfsmittel zu geben, mittelst dessen der Anfänger sich über die Krystallform der wichtigsten Substanzen unterrichten könne. Ausserdem wollte ich versuchen, für die Erwerbung krystallographischer Kenntnisse ein Publikum etwas mehr zu gewinnen, welches sich im Ganzen bis jetzt nur wenig damit beschäftigt hat: das chemische.

Dieselben Zwecke leiteten mich bei den Vorträgen, welche ich seit sechs Jahren an der hiesigen Universität vor Zuhörern halte, deren Hauptstudium meistens die Chemie ist. Die Vorkenntnisse, welche ich hier durchschnittlich vorgefunden habe, setzte ich auch bei der Ausarbeitung dieses Buches voraus; ich muss deutlicher sagen, dass ich sehr wenig voraussetze. Die Art der Darstellung, nach welcher bei diesen Vorträgen die krystallographischen Gesetze am klarsten wurden, ist die auch hier befolgte.

Dass ich sehr wenig Vorkenntnisse voraussetze, mag entschuldigen und rechtfertigen, wenn die Darstellung durchgängig sehr elementar und manchmal etwas weitläufig erscheint. Auch

Wiederholungen waren mitunter nicht zu vermeiden, wollte ich durch öfteres Erinnern an Einzelnes die Wichtigkeit desselben dem Anfänger um so deutlicher hervortreten lassen.

Ich habe mich Naumann's Bezeichnungsweise angeschlossen. Die Brauchbarkeit und die Vorzüge derselben sind über meine Anerkennung erhaben; nur die Bemerkung möchte ich mir erlauben, dass die Handhabung der Naumann'schen Formeln geradezu ein treffliches Hülfsmittel für den Unterricht des Anfängers ist, indem diese Formeln kurz genug sind, um als wirkliche Zeichen Anwendung zu finden, und doch der Anblick oder Gebrauch jeder Formel eine bestimmte Vorstellung über die Lage der damit bezeichneten Flächen hervorruft oder voraussetzt.

Die Elemente der Krystallographie werden fast durchgängig von Anfängern leicht begriffen, aber das Einzelne wird schnell vergessen. Eine gründlichere Kenntniss dieser Elemente wird nur durch Selbstthätigkeit des Anfängers erreicht, namentlich durch Uebungen im Zeichnen und im Bestimmen an Modellen und wirklichen Krystallen. Eine, wenn auch äusserst elementare, Anleitung zum Zeichnen glaubte ich deshalb beifügen zu müssen. Vieles in Beziehung auf die Darstellung dieses Gegenstandes verdanke ich früheren Besprechungen mit meinem Freunde Joh. Müller, jetzt in Freiburg. Zur Erleichterung der Uebungen an Modellen habe ich eine Anzahl Netze zur Verfertigung der wichtigsten Krystallformen beigegeben. Um zu Uebungen im Bestimmen an wirklichen Krystallen anzuregen, habe ich so viel als möglich die Beispiele an bekannteren und leichter zu erhaltenden Substanzen (Mineralien und chemischen Präparaten) gewählt; um diese Uebungen zu erleichtern, habe ich über die Verzerrungen und über die ähnlichen Formen und ihre Unterscheidungsmerkmale ausführlicher und vollständiger gehandelt.

Nach denselben elementaren Regeln, welche für das Zeichnen in diesem Buche entwickelt sind, habe ich alle Figuren zu demselben neu gezeichnet, theils um dem Anfänger, der sich im Zeichnen nach diesen Regeln zuerst versucht, eine

Controlle für die Richtigkeit seiner Resultate in die Hand zu geben, theils weil ich es für den ersten Unterricht als das Verständniss wesentlich fördernd betrachte, wenn alle Zeichnungen in einer gewissen Uebereinstimmung ausgeführt sind. Für grössere Werke, wo die Elemente der Krystallographie vorausgesetzt werden können, ist es nicht nur erlaubt, sondern selbst von Vortheil, die Formen verschiedener Substanzen Eines Systems von verschiedenen Seiten betrachtet darzustellen, und überhaupt daran zu gewöhnen, dass der Studirende sich an jeder Zeichnung, sie mag eine Krystallform in irgend einer Richtung gesehen vorstellen, schnell zurechtfinde. Für ein Elementarbuch wie das vorliegende, wo die Zeichnungen die Vergleichung jeder Form mit jeder anderen in richtiger Stellung erleichtern sollen, ist strengere Consequenz in den Abbildungen besser am Platz.

Besonders strebte ich, die Anfangsgründe der Krystallographie hier so darzulegen, dass ihre Erkenntniss den Chemikern etwas näher gerückt werde. Es ist sehr zu bedauern, dass unter diesen im Allgemeinen krystallographische Kenntnisse nicht mehr Eingang gefunden haben. Der Anlass scheint mir hauptsächlich ein nur äusserlicher zu sein. Die Krystallographie hat sich in der Mineralogie ausgebildet; als Hülfswissenschaft der letzteren wurde sie meist getrieben und dargestellt; als Beispiele wurden fast nur natürlich vorkommende Krystalle, Mineralien, angeführt. Die Chemiker fanden in den Lehrbüchern der Krystallographie wenig in Beziehung auf die ihnen vorzugsweise interessanten Substanzen, die chemischen Präparate. So wandten sie sich im Allgemeinen der Krystallographie wenig oder gar nicht zu; der Mehrzahl der Chemiker mangeln krystallographische Kenntnisse, wenngleich Einzelne auch für die Krystallographie Grossartiges geleistet haben, und diese Wissenschaft ihre ausgezeichnetsten Repräsentanten theilweise unter den Chemikern sucht. Von einem solchen Meister eine Schrift zu erhalten, welche die Chemiker mit der Krystallographie vertrauter mache, hat man sich lange, aber bis jetzt vergebens, Hoffnung gemacht; mit Nachsicht möge man vor-

liegenden Versuch beurtheilen, der, wenn auch mit dem besten Willen, doch mit bei weitem schwächeren Kräften bearbeitet wurde.

Von mathematischen Formeln habe ich nur wenige am häufigsten gebrauchte mitgetheilt, aber auch diese nicht in die eigentliche Darstellung der krystallographischen Gesetze aufgenommen, sondern nur anhangsweise an dem Ende der einzelnen Krystallsysteme angeführt.

An dem Ende eines jeden Krystallsystems gebe ich eine Zusammenstellung der wichtigeren Körper (Mineralien und chemischen Producte), welche darin krystallisiren, mit kurzer Angabe der charakteristischen Formen, der Axenverhältnisse, der wichtigsten Winkel u. a. Diese Zusammenstellungen sollen überhaupt die Kenntniss der Krystallform für die wichtigsten Substanzen vermitteln, und ausserdem ein Hülfsmittel bei Bestimmübungen abgeben; ein alphabetisches Verzeichniss der darin erwähnten Körper findet sich am Ende des Buches. Manche minder wichtige Substanz habe ich aufgenommen, wenn eine Vergleichung derselben mit anderen wichtigeren von Interesse erschien (z. B. bei analoger Zusammensetzung und gleicher Form), oder wenn ich sie als Beispiel bei der Erläuterung der krystallographischen Gesetze hatte benutzen müssen; manche wichtige musste ich weglassen, wenn ihre Beschreibung sich nicht ohne Vermehrung der ohnehin schon zahlreichen Abbildungen geben liess.

Die Beschreibung der Krystallformen gründet sich grösstentheils auf die zahlreichen Bestimmungen, welche von Anderen ausgeführt vorliegen. Doch konnte ich mich für die Mehrzahl der Substanzen zugleich auf eigene Anschauung und Kenntniss stützen, da ich seit einer Reihe von Jahren so viel als möglich gesammelt und untersucht habe. Neue Beobachtungen, Bestimmungen früher noch nicht untersuchter Substanzen und Berichtigungen von irrigen Angaben, die sich zum Theil lange aus einem Buche in das andere übertragen haben, werden dem Sachkenner nicht entgehen.

Möchten die Absichten, die mich bei dieser Arbeit leiteten,

wenigstens theilweise in Erfüllung gehen, und das Studium dieser Schrift den Anfängern das Interesse für Krystallographie und die Kenntnisse der Anfangsgründe dieser Wissenschaft mittheilen, dass sie das Bedürfniss fühlen, die ausgezeichneten weiter gehenden krystallographischen Lehrbücher, deren sich gerade Deutschland rühmen kann, mit Eifer und Nutzen zu studiren.

Giessen, im Juli 1848.

Kp.

VORREDE ZUR ZWEITEN AUFLAGE.

Ich habe für diese zweite Auflage — den Kreis der Lernenden, für welche dieses Buch zunächst bestimmt ist, und die hier vorauszusetzenden Vorkenntnisse im Auge behaltend — die ganz elementare Darstellung der ersten Auflage beibehalten, aber in Abänderungen und Zusätzen, soweit es der Plan dieses Buches zuliess, die Fortschritte berücksichtigt, welche die Krystallographie, namentlich in ihren Beziehungen zur Chemie, seit der Ausarbeitung der ersten Auflage gemacht hat.

Ich hatte in der ersten Auflage am Ende eines jeden Krystallsystems Angaben über die krystallographischen Verhältnisse der in dasselbe gehörenden wichtigeren Substanzen — chemischer Präparate und Mineralien — zusammengestellt. Für beide Klassen von Substanzen, namentlich aber für künstlich dargestellte chemische Verbindungen, haben die seitdem verflossenen Jahre die erheblichste Erweiterung unserer Kenntnisse in dieser Beziehung gebracht. Eine Zusammenstellung der Resultate aller die krystallographischen Verhältnisse chemi-

scher Verbindungen betreffenden Arbeiten*) ist in einem Buche wie das vorliegende nicht zu versuchen. Dem Plan dieses Buches entspricht es, abgesehen von den Substanzen welche als Beispiele bei der Erläuterung krystallographischer Gesetze zu nennen waren, eine kurze krystallographische Charakteristik der in chemischer Beziehung wichtigsten Körper zu geben, d. h. namentlich der in chemischen Laboratorien am Häufigsten vorkommenden oder am Leichtesten in deutlichen Krystallen zu erhaltenden Präparate, wie auch der die wichtigsten Fälle von Isomorphismus und Dimorphismus abgebenden Substanzen. Ich habe in dem, was ich früher anhangsweise bei jedem System als krystallographische Charakteristik der demselben angehörigen wichtigeren Substanzen gegeben hatte, jetzt manches weggelassen, mehr noch zugesetzt, sehr vieles abgeändert und umgearbeitet, den neueren Untersuchungen entsprechend, ohne dass ich indessen in jedem Falle unbedingt neuere Messungen an die Stelle älterer gleich verlässiger aufnehmen oder neuere Vorschläge in Beziehung auf Stellung der Krystalle, Wahl der Grundform u. s. w. annehmen zu müssen glaubte.

Giessen, im Januar 1862.

Kp.

---

*) Ich habe die seit dem Jahre 1847 bekannt gewordenen Resultate in Kürze in dem Jahresbericht für Chemie u. s. w. angegeben. Ausführlich, in grosser Vollständigkeit und durch zahlreiche Abbildungen veranschaulicht findet man die Resultate der krystallographischen Untersuchung künstlich dargestellter chemischer Verbindungen in Rammelsberg's Handbuch der krystallographischen Chemie (Berlin 1855) und dem dazu gehörenden ersten Supplement (Leipzig 1857), welchem hoffentlich bald ein zweites folgen wird.

INHALTSÜBERSICHT.

Einleitung, §. 1—5.
Amorphe —, krystallisirte Körper. — Krystall. — Eintheilung der Krystallologie in Krystallographie, Krystallophysik und Krystallochemie.
Hülfsmittel bei dem krystallographischen Studium, §. 6—21.
Uebungen an Modellen, §. 6 u. 7.
Uebungen im Zeichnen, §. 8—19.
Uebungen an wirklichen Krystallen, Krystallbildung, §. 20 u. 21.
Hülfsmittel bei krystallographischen Bestimmungen, §. 22 — 28.
Winkelmessung. Anlegegoniometer, §. 22; Reflexionsgoniometer, §. 23 — 25; Messung der ebenen Winkel, §. 26.
Spaltungsverhältnisse, §. 27.
Andere Hülfsmittel, §. 28.
Allgemeinere Erklärungen und Betrachtungen, §. 29—57.
Flächen, Kanten, Ecken, §. 29—31.
Einfache —, zusammengesetzte Formen (Combinationen), §. 32—37.
Beschreibung der Combinationen (Abstumpfung, Zuschärfung, Zuspitzung), §. 38—42.
Geschlossene —, ungeschlossene einfache Formen, §. 43.
Axen, §. 44 u. 45.
Vielaxige —, einaxige Formen, §. 46 u. 47.
Bezeichnung der einfachen Formen, §. 48 u. 49.
Zonen, §. 50.
Holoëdrische —, hemiëdrische Formen, §. 51.
Einfache Krystalle, Zwillingskrystalle, §. 52.
Krystallsysteme, §. 53—57.
Reguläres System, §. 58—136.
Holoëdrische Formen, §. 58—99.
Oktaëder, §. 60.
Würfel und Combinationen mit dem vorhergehenden, §. 61—64.
Dodekaëder und Combinationen mit den vorhergehenden, §. 65—67.
Ikositetraëder und Combinationen mit den vorhergehenden, §. 68—72.

Triakisoktaëder und Combinationen mit den vorhergehenden, §. 73—75.
Tetrakishexaëder u. Combinationen mit den vorhergehenden, §. 76—78.
Hexakisoktaëder u. Combinationen mit den vorhergehenden, §. 79—81.
Uebersicht der einfachen holoëdrischen Formen des regulären Systems, §. 82.
Unvollkommenheiten der wirklichen Krystalle, Verzerrungen derselben, §. 83—88.
Zusammenwachsungen einzelner Krystalle, Streifung, §. 89—91.
Zwillingskrystalle der holoëdrischen Formen, §. 92—99.
Hemiëdrische Formen, §. 100—121.
Tetraëder und Combinationen mit den vorhergehenden, §. 101—104.
Triakistetraëder und Combinationen derselben, §. 105—107.
Deltoiddodekaëder und Combinationen derselben, §. 108—110.
Hexakistetraëder und Combinationen derselben, §. 111—113.
Pentagonaldodekaëder und Combinationen derselben, §. 114—116.
Trapezoidikositetraëder und Combinationen derselben, §. 117—119.
Uebersicht der einfachen hemiëdrischen Formen (geneigtflächige — parallelflächige) des regulären Systems, §. 120a.
Congruente und nicht congruente hemiëdrische Formen, §. 120b.
Zwillingskrystalle der hemiëdrischen Formen, §. 121.
Uebersicht einiger im regulären System krystallisirenden Substanzen, §. 122—136.

Quadratisches System, §. 137—184.
Einfache holoëdrische Formen, §. 138—146.
Quadratische Pyramiden erster Ordnung, §. 138 u. 139.
Quadratisches Prisma erster Ordnung, Endfläche, §. 140.
Quadratische Pyramiden und Prisma zweiter Ordnung, §. 141—143
Symmetrisch-achtseitige Pyramiden und Prismen, §. 144 u. 145.
Uebersicht der einfachen holoëdrischen Formen, §. 146.
Combinationen der holoëdrischen Formen, §. 147—156.
— der quadratischen Pyramiden unter einander, §. 147.
— der quadratischen Pyramiden und der Endfläche, §. 148.
— der quadratischen Pyramiden und Prismen, §. 149 u. 150.
— quadratischen Prismen und der Endfläche, §. 151.
— quadratischen Prismen, Pyramiden und der Endfläche, §. 152.
— quadratischen Prismen unter einander, §. 153.
— der symmetrisch-achtseitigen Pyramiden und Prismen mit den vorhergehenden, §. 154 u. 155.
Betrachtung mehrzähliger Combinationen, §. 156.
Verzerrungen der quadratischen Formen, §. 157—159.
Hemiëdrische Formen und Combinationen derselben, §. 160—167.
Hemiëdrien der quadratischen Pyramiden, §. 160—165.
Hemiëdrien der symmetrisch-achtseitigen Pyramiden und Prismen (quadratische Pyramiden und Prismen dritter Ordnung), §. 166 u. 167.

Zwillingskrystalle, §. 168 u. 169.
Formeln für den Zusammenhang zwischen Winkeln und Axen, §. 170—172.
Uebersicht einiger im quadratischen System krystallisirenden Substanzen, §. 173—184.

Hexagonales System, §. 185—246.

Einfache holoëdrische Formen, §. 186—191.
Hexagonale Pyramiden und Prisma erster Ordnung, Endfläche, §. 186 u. 187.
Hexagonale Pyramiden und Prisma zweiter Ordnung, §. 188 u. 189.
Symmetrisch-zwölfseitige Pyramiden und Prismen, §. 190.
Uebersicht der einfachen holoëdrischen Formen, §. 191.
Combinationen der holoëdrischen Formen, §. 192—196.
Verzerrungen der hexagonalen holoëdrischen Formen, §. 197.
Hemiëdrische Formen, §. 198—230.
Rhomboëder und Combinationen derselben, §. 199—216.
Scalenoëder und Combinationen derselben, §. 217—226.
Hexagonale Pyramiden und Prismen dritter Ordnung, §. 227 u. 228.
Trigonale Pyramiden und Prismen, Tetartoëdrie der symmetrisch-zwölfseitigen Pyramiden, §. 229 u. 230.
Ungleiche Ausbildung an den entgegengesetzten Enden, §. 231.
Zwillingskrystalle, §. 232 u. 233.
Formeln für den Zusammenhang zwischen Winkeln und Axen, §. 234.
Uebersicht einiger im hexagonalen System krystallisirenden Substanzen, §. 235—246.

Rhombisches System, §. 247—301.

Einfache holoëdrische Formen (Pyramiden, Prismen und Domen, Endflächen), §. 249—253.
Combinationen der holoëdrischen Formen, §. 254—276.
— der Pyramiden unter sich, §. 254 u. 255.
— der Pyramiden und der Endflächen, §. 256.
— der Endflächen unter sich, §. 257 u. 258.
— der Pyramiden und Prismen, §. 259 u. 260.
— Pyramiden und Domen, §. 261—263.
— Prismen und Domen und Endflächen, §. 264 u. 265.
— Prismen und Domen, §. 266—269.
Ueber die Wahl der Hauptaxe, §. 270 u. 271.
Betrachtung mehrzähliger Combinationen, §. 272—276.
Verzerrungen der rhombischen Formen, §. 277 u. 278.
Hemiëdrische Formen und Combinationen derselben, §. 279a, b u. c.
Ungleiche Ausbildung an den entgegengesetzten Enden, §. 280.
Zwillingskrystalle, §. 281—284.
Formeln für den Zusammenhang zwischen Winkeln und Axen, §. 285.

Uebersicht einiger im rhombischen System krystallisirenden Substanzen, §. 286—301.

Monoklinometrisches System, §. 302—358.

Einfache Formen (Hemipyramiden, Prismen, Domen, Hemidomen, Endflächen), §. 304—309.
Combinationen, §. 310—324.
Betrachtung einiger Combinationen in Rücksicht auf Verwechselung mit ähnlichen Formen, §. 325—329.
Ueber die Wahl der Grundform und die Bestimmung monoklinometrischer Formen, §. 330.
Ueber den verschiedenen Habitus monoklinometrischer Combinationen, §. 331—334.
Verzerrungen, Unvollzähligkeit der Flächen u. s. w., §. 335 u. 336.
Zwillingskrystalle, §. 337—340.
Formeln für den Zusammenhang zwischen Winkeln und Axen, §. 341 u. 342.
Uebersicht einiger im monoklinometrischen System krystallisirenden Substanzen, §. 343—358.

Di- und triklinometrisches System, §. 359—369.

Einfache Formen, §. 362 u. 363.
Combinationen, §. 364—367.
Zwillingskrystalle, §. 368.
Uebersicht einiger im triklinometrischen System krystallisirenden Substanzen, §. 369.

Einleitung.

Jeder feste Körper erfüllt einen begrenzten Raum; die Art der Raumbegrenzung, die Form des Körpers, kann eine wesentliche oder eine zufällige sein. Wesentlich ist die Form eines Körpers, wenn sie in Zusammenhang steht mit den physikalischen und den chemischen Eigenschaften desselben; zufällig, wenn dies nicht der Fall ist. §. 1.

Steinsalz kommt in Würfeln vor, und zwar hat es die Würfelform als eine wesentliche. Es steht diese Form in Zusammenhang mit den chemischen Eigenschaften des Steinsalzes, insofern Körper, die dem Steinsalz analog zusammengesetzt sind, gleichfalls in dieser Form vorkommen. Sie steht auch in Zusammenhang mit den physikalischen Eigenschaften des Steinsalzes, insofern dieses in der Richtung der Würfelflächen schwächere Cohäsion hat (nach dieser Richtung leichter zertheilbar ist), als nach anderen Richtungen, insofern der Steinsalzwürfel das Licht einfach bricht und dieses eine gemeinsame Eigenschaft der Körper ist, welchen die Würfelform als eine wesentliche zukommt, u. s. w. — Dem Steinsalz kann man die verschiedenartigsten zufälligen Formen geben, z. B. die Form einer regelmässig sechsseitigen Säule; diese Form steht weder mit den chemischen Eigenschaften des Steinsalzes in Zusammenhang, noch mit den physikalischen; alle Körper z. B., welchen die regelmässig sechsseitige Säule als wesentliche Form eigen ist, brechen das Licht doppelt, das Steinsalz aber nicht.

§. 2. Die wesentlichen Formen, welche unorganisirte feste Körper annehmen, unterscheiden sich von einander besonders in folgender Beziehung:

Der Raum, welchen der Körper einnimmt, ist in keiner Weise durch ebene Flächen begrenzt; die Form des Körpers ist eine unregelmässige.

Oder: der Raum ist durch ebene Flächen begrenzt, welche dann auch nach gewissen Symmetriegesetzen geordnet sind; die Form des Körpers ist eine regelmässige.

(Der Ausdruck „regelmässige Form" bedeutet also hier keineswegs, was in der Stereometrie unter einem „regelmässigen Körper" verstanden wird; letzteres bezeichnet Körper, welche durch congruente regelmässige Flächen, die congruente Ecken bilden, begrenzt werden, während der erstere Ausdruck allgemein auf Körper geht, welche durch irgendwelche ebene Flächen, die nach irgendwelchen Symmetriegesetzen geordnet sind, begrenzt werden.)

§. 3. Diejenigen leblosen Körper, welche eine wesentliche unregelmässige Form besitzen, nennt man amorphe. Die amorphen Körper zeichnen sich vorzüglich dadurch aus, dass sie nach allen Richtungen hin gleiche Cohäsion haben, auf den Trennungsflächen muscheligen Bruch zeigen, und das Licht stets einfach brechen (Glas, Geigenharz, Gummi u. a.).

Die Körper, welche eine wesentliche regelmässige Form besitzen, nennt man krystallisirte. Sie zeigen nach gewissen Richtungen hin eine weniger starke Cohäsion, d. h. sie sind nach gewissen Richtungen hin spaltbar; sie brechen das Licht meistens doppelt.

(Derselbe Körper, im chemischen Sinne genommen, kann im amorphen und im krystallisirten Zustande erscheinen; ersteren nimmt er besonders dann an, wenn er aus dem flüssigen Zustande rasch, letzteren, wenn er daraus langsam und allmälig in den festen übergeht (vergl. §. 20f.). Die amorphe Modification unterscheidet sich dann meistens von der krystallisirten durch die Farbe, durch geringeres specifisches Gewicht, durch geringere Härte, niedrigeren Schmelzpunkt und durch die Eigenschaft, dass chemische Agentien leichter auf sie einwirken.)

§. 4. Als Krystall wird also jeder feste leblose Körper bezeichnet, welcher eine wesentliche regelmässige Gestalt besitzt.

Die Lehre von den Eigenschaften der Krystalle im Allgemeinen hat man als Krystallologie benannt; es zerfällt diese in drei Unterabtheilungen:

I. Die Krystallographie oder die Lehre von den äusseren Eigenschaften der Krystalle; sie hat zu untersuchen, nach welchen Symmetriegesetzen die Krystalle durch Flächen begrenzt sind.

II. Die Krystallophysik oder die Lehre von dem Zusammenhange zwischen den krystallographischen und den physikalischen Eigenschaften der Krystalle. (Physikalische Eigenschaften sind diejenigen, welche ein Körper in Beziehung zu anderen, wägbaren oder unwägbaren, Materien zeigt, ohne dass dabei seine Eigenthümlichkeit aufgehoben wird; Kalkspath bricht das Licht doppelt, ohne dabei aufzuhören, Kalkspath zu sein.) Die Krystallophysik behandelt also z. B. die Abhängigkeit zwischen der Gestalt und den optischen Eigenschaften (dass würfelförmig gestaltete Krystalle das Licht einfach, rhomboëdrisch gestaltete es doppelt brechen); sie zeigt, wie zwischen der Gestalt gewisser Krystalle und der Art, wie diese durch Erwärmung elektrisch werden, eine Abhängigkeit existirt u. s. w.

III. Die Krystallochemie oder die Lehre von dem Zusammenhange zwischen den krystallographischen und den chemischen Eigenschaften der Krystalle (welche letztere erkannt werden als solche, die ein Körper in Beziehung zu anderen Materien unter Vernichtung seiner Eigenthümlichkeit zeigt; dass ein Stück Kalkspath aus Kalk und Kohlensäure besteht, lässt sich nur erkennen, indem das untersuchte Stück aufhört, Kalkspath zu sein). Die Krystallochemie untersucht also allgemein den Zusammenhang zwischen Gestalt und Mischung; sie lehrt, dass derselben chemischen Zusammensetzung mehrere wesentlich verschiedene Krystallformen zukommen können (Dimorphismus und Trimorphismus); dass Körper von verschiedener, aber analoger, Zusammensetzung übereinstimmende Krystallgestalt besitzen können (Isomorphismus), und Aehnliches.

§. 5. Vorliegende Schrift hat als nächsten Zweck nur die Anfangsgründe der Krystallographie darzulegen; auf die Forschungen der Krystallophysik kann hier nicht eingegangen werden, wohl aber wird manchmal an Einiges erinnert werden,

was dem Gebiete der Krystallochemie angehört, da neben der Einsicht in die Gestaltungsgesetze der Krystallformen auch die krystallographische Kenntniss der chemisch wichtigeren Substanzen vermittelt werden soll, und auf diese Art Abhängigkeiten zwischen bestimmter Art der Zusammensetzung *) und bestimmter Krystallform sich von selbst ergeben.

---

*) Die Formeln, welche im Folgenden die chemische Constitution der Körper anzeigen, gründen sich auf die Annahme nachstehender Aequivalentgewichte für die Elemente, mit welchen Ammonium $= Am = NH_4$ und Cyan $= Cy = C_2N$ hier zusammengestellt sind:

Aluminium	Al = 13,7	Iridium	Ir = 99	Schwefel	S = 16
Ammonium	Am = 18	Kalium	K = 39,1	Selen	Se = 39,7
Antimon	Sb = 120,8	Kobalt	Co = 29,5	Silber	Ag = 108
Arsen	As = 75	Kohlenstoff	C = 6	Silicium	Si = 14 [3] / Si = 21 [4]
Baryum	Ba = 68,5	Kupfer	Cu = 31,7		
Beryllium	Be = 4,7 [1] / Be = 7,0 [2]	Lanthan	La = 46,4	Stickstoff	N = 14
		Lithium	Li = 7	Strontium	Sr = 43,8
Blei	Pb = 103,5	Magnesium	Mg = 12	Tantal	Ta = 68,8 [5]
Bor	B = 10,9	Mangan	Mn = 27,5	Tellur	Te = 64
Brom	Br = 80	Molybdän	Mo = 48	Thorium	Th = 59,6 [6]
Cadmium	Cd = 56	Natrium	Na = 23	Titan	Ti = 25
Cäsium	Cs = 123,4	Nickel	Ni = 29,5	Uran	U = 60
Calcium	Ca = 20	Niobium	Nb = 48,8	Vanadium	V = 68,6
Cerium	Ce = 46	Osmium	Os = 99,6	Wasserstoff	H = 1
Chlor	Cl = 35,5	Palladium	Pd = 53,3	Wismuth	Bi = 210
Chrom	Cr = 26,7	Phosphor	P = 31	Wolfram	W = 92
Cyan	Cy = 26	Platin	Pt = 98,7	Zink	Zn = 32,6
Didym	D = 48	Quecksilber	Hg = 100	Zinn	Sn = 59
Eisen	Fe = 28	Rhodium	Rh = 52,2	Zirkonium	Zr = 22,4 [7] / Zr = 33,6 [8] / Zr = 44,8 [9]
Fluor	Fl = 19	Rubidium	Rb = 85,4		
Gold	Au = 197	Ruthenium	Ru = 52,2		
Jod	J = 127.	Sauerstoff	O = 8		

[1]) Wenn Beryllerde = BeO. — [2]) Wenn Beryllerde = Be_2O_3. — [3]) Wenn Kieselsäure = SiO_2. — [4]) Wenn Kieselsäure = SiO_3. — [5]) Wenn Tantalsäure = TaO_2. — [6]) Wenn Thorerde = ThO. — [7]) Wenn Zirkonerde = ZrO. — [8]) Wenn Zirkonerde = Zr_2O_3. — [9]) Wenn Zirkonerde = ZrO_2.

Hülfsmittel bei dem krystallographischen Studium.

§. 6. Uebungen an Modellen. Die in der Natur vorkommenden oder künstlich dargestellten Krystalle sind gewöhnlich nicht ringsum ausgebildet, sondern da, wo sie mit der Unterlage in Berührung waren, durch zufällige, nicht der Krystallform angehörige, Flächen begrenzt; sie zeigen meistens zufällige Abweichungen von der vollkommen symmetrischen Ausbildung (Verzerrungen); endlich sind die wirklichen Krystalle, welche gewisse krystallographische Gesetze nachweisen, oft nur klein oder selten. Aus allen diesen Gründen benutzt man bei dem ersten Studium mit Nutzen Nachbildungen der Krystallformen, Krystallmodelle. Man hat diese in Holz, Pappe, Glas, Porcellanmasse und anderem Material ausgeführt. Wir wollen hier nur Einiges über die Anfertigung der Modelle aus Pappe sagen.

§. 7. Zum Zwecke dieser muss die Gestalt der Flächen, welche die darzustellende Krystallform begrenzen, gesucht werden oder bekannt sein. Für eine Anzahl wichtigerer Formen ist diese durch die beigefügten Netze gegeben. In diesen sind die Flächen gezeichnet, und zwar so, dass je zwei an der Krystallform zusammenstossende (eine Kante bildende) auf dem Netz eine Linie gemeinschaftlich haben oder bei der weiteren Bearbeitung zusammenstossen. Zur wenigst umständlichen Darstellung von Modellen mittelst dieser Netze eignet sich vorzüglich braune Glanzpappe, welche ziemlich dünn genommen werden kann. Man legt das Netz der Krystallform, deren Modell angefertigt werden soll, fest auf die Glanzpappe, sticht sämmtliche Eckpunkte des Netzes mittelst einer Nadel durch, und verbindet sie durch Linien, d. h. man trägt das Netz auf die Pappe selbst über. Man schneidet nun die Pappe in den äussersten (in den Netzen stärker gezogenen) Linien ganz, in den anderen (den feineren) etwas über die Hälfte durch; in den letzteren lässt sich die Pappe dann leicht so biegen, dass eine vollständig begrenzte Figur dadurch dargestellt wird. Man verbindet die durch die Biegung zusammenstossenden Flächen zuerst mit Schellack, den man geschmolzen auf einzelne zusammenstossende Theile aufträufeln lässt, bestreicht dann alle Kanten des

Modells mit starkem Leim, nimmt nach dem Trocknen desselben mittelst eines scharfen Messers die Schellacktropfen weg, und bestreicht mit Leim auch die Stellen, wo sie waren. — Es ist rathsamer, die beigegebenen Netze auf die Pappe überzutragen, als sie auf die Pappe aufzukleben und durchzuschneiden; im letzteren Falle erspart man sich zwar die Mühe des Uebertragens, aber das Netz selbst geht verloren. Der Anfänger wird natürlich mit der Anfertigung der leichtesten Modelle, wie z. B. Nr. 1, 2, 6, beginnen; die Form des Körpers, welcher durch das Zusammenbiegen entstehen soll, lässt sich ausserdem aus der Zeichnung ersehen, auf welche das beigegebene Verzeichniss hinweist.

§. 8. Uebungen im Zeichnen. So fördernd die unmittelbare Anschauung von Krystallmodellen für das erste Studium der Krystallographie ist, so nothwendig ist es andererseits, dass der Anfänger sich bald an krystallographischen Zeichnungen zurecht zu finden wisse. Ein klares Verständniss derselben, ein deutlicher und richtiger Begriff darüber, wie ein durch eine Zeichnung dargestellter Körper wirklich aussieht, wird kaum anders erlangt, als dadurch, dass der Anfänger selbst zeichnet, d. h. nicht krystallographische Figuren abzeichnet, sondern bestimmte Körper selbst perspectivisch darstellt, Flächen in bestimmten Richtungen auf dem Papier perspectivisch legt, ihre Durchschnittslinien und den durch sie begrenzten Körper auf dem Papier selbst sucht und zeichnet.

Es kann hier über das krystallographische Zeichnen nur sehr Weniges, nur sehr Unvollständiges und nur höchst Elementares beigebracht werden, aber es reicht dieses doch hin, dass man sowohl für fast alle Krystallformen richtige Zeichnungen entwerfen, mithin einen zu beschreibenden Krystall richtig zeichnen, als auch sich an jeder Zeichnung wie an einem wirklichen Körper zurecht finden kann.

§. 9. Denken wir uns zwei in einer Horizontalebene rechtwinklig über einander liegende Linien*), die also von oben gesehen

*) Es ist sehr anzurathen, dass der Anfänger sich diese Linien recht anschaulich mache, z. B. durch zwei Holzstäbchen, und dass er auch in der Folge dieses Hülfsmittel einer klareren Anschauung möglichst anwende.

(im Grundriss) erscheinen, wie Fig. 1. Bezeichnen wir die vier Endpunkte dieser Linien mit *v* (vorn), *h* (hinten), *l* (links), *r* (rechts), und den Durchkreuzungspunkt mit *c*.

Befindet sich das Auge des Beschauers gerade über *c*, so wird er beide Linien erblicken, wie sie in Fig. 1 dargestellt sind; bei einer anderen Stellung des Auges werden aber die Linien dem Beschauer anders erscheinen. Befindet sich z. B. sein Auge gerade in der Verlängerung von *hv*, so wird er diese Linie zum Punkte verkürzt sehen, die Linie *lr* hingegen in ihrer ganzen Länge. Befindet sich sein Auge in der Horizontalebene beider Linien, aber in der Richtung zwischen *v* und *r*, näher nach *v* hin (z. B. bei *x*), so wird ihm die Linie *vh* im Vergleich zu der Linie *lr* verkürzt und ganz mit dieser zusammenfallend erscheinen. Befindet sich sein Auge ausserhalb der Horizontalebene, z. B. etwas über *x*, so wird ihm der Winkel *vcl* (der in Wirklichkeit ein rechter ist) als ein spitzer, und ausserdem auch noch die Linie *vh* verkürzt erscheinen. Die zwei Linien, die im Grundriss gesehen wie Fig. 1 erscheinen, zeigen sich dann, perspectivisch gesehen, wie es Fig. 2 darstellt.

§. 10. Als welcher Winkel der (in Wirklichkeit rechte) Winkel *vcl* oder (was derselbe Winkel ist) *hcr*, und in welcher Verkürzung die Linie *vh* in dem perspectivischen Bilde erscheint, das hängt ab von der Stellung des Auges des Beobachters, ob sich dieses höher oder niedriger über der Horizontalebene von *lr* und *vh* befindet, und ob näher nach *v* oder *r* hin. Wir wollen aber jenen Winkel und diese Verkürzung stets einerlei zeichnen. Für jenen Winkel wollen wir einen wählen, der sich immer durch eine einfache Construction genau finden lässt; wir werden dafür immer einen Winkel zeichnen, gegeben durch ein Kreissegment, dessen Sehne gleich ein Drittheil des Halbmessers ist. Um also, wenn Fig. 3 zwei auf einander rechtwinklig (und zwar von links nach rechts und von vorn nach hinten) liegende Linien im Grundriss zeigt, die perspectivische Lage von *vh* zu erhalten, ziehen wir von *c* aus mit einem willkürlichen Halbmesser Kreisbogen *ab* und *de*, und stechen die Punkte *b* und *e* so ab, dass *ab* sowohl als *de* = $^1/_3$ des willkürlich genommenen Halbmessers ist; eine durch *b* und *e* gezogene Linie repräsentirt uns jetzt die Richtung, in welcher *hv* in der perspectivischen Ansicht liegt. Wir zeichnen also

immer so, dass jede Richtung von vorn nach hinten, die in Wirklichkeit mit der Richtung von links nach rechts einen rechten Winkel macht, uns gegen diese unter einem Winkel liegend erscheint, der durch einen Bogen gegeben ist, dessen Sehne $= 1/3$ des Halbmessers; diesen Winkel wollen wir den Uebereinkunftswinkel nennen, da er willkürlich gewählt ist, und seine Anwendung gewissermassen auf Uebereinkunft beruht. (In verschiedenen krystallographischen Werken ist übrigens auch der Winkel, unter welchem die Richtung von vorn nach hinten gegen die von links nach rechts zu liegen scheint, verschieden gezeichnet.)

§. 11. Die Verkürzung, unter welcher uns jede Linie, die in der Richtung von vorn nach hinten liegt, in der perspectivischen Ansicht erscheint, wollen wir gleichfalls ein für alle Mal unveränderlich annehmen; wir wollen immer so zeichnen, dass, was in dieser Richtung liegt, in der perspectivischen Ansicht auf ein Drittheil seiner wirklichen Grösse verkürzt erscheine.

Die Richtung von vorn nach hinten erscheint also in Fig. 3 perspectivisch gesehen in der Richtung liegend, wie sie die gestrichelte Linie be anzeigt. Der Punkt x, der in Wirklichkeit auf der Linie vh in dem Abstande xc von dem Durchkreuzungspunkte c liegt, erscheint in der perspectivischen Ansicht auf der gestrichelten Linie bei x in einem $1/3$ so grossen Abstande von c.

Wenn also von einem Grundriss eine perspectivische Ansicht zu zeichnen ist, so zeichnen wir diejenigen Linien in der Richtung von links nach rechts gehend, welche auch in dem Grundriss in der Richtung von links nach rechts gehen; wir zeichnen unter dem Uebereinkunftswinkel gegen die Richtung von links nach rechts geneigt, was in dem Grundriss rechtwinklig darauf steht, d. h. also die Linien, die in Wirklichkeit in der Richtung von vorn nach hinten gehen. — Diejenigen Linien, die von links nach rechts gehen, zeichnen wir eben so gross, wie sie in dem Grundriss sind; diejenigen, welche von vorn nach hinten gehen, zeichnen wir in $1/3$ ihrer wirklichen Grösse.

§. 12. Bei der perspectivischen Zeichnung eines Grundrisses lassen wir eine von links nach rechts gehende Linie nicht nur ihre wirkliche Richtung und Grösse beibehalten (dieses findet ja für

alle von links nach rechts gehende Linien statt), sondern auch ihre wirkliche Lage; diese eine Linie ist dieselbe in dem Grundriss der Figur und in der darauf gezeichneten perspectivischen Ansicht derselben. In den vorhergehenden Beispielen war dies die mit *lr* bezeichnete Linie. Man unterscheidet diese Linie so, dass man sagt: es ist die Linie, um welche sich der Grundriss dreht, damit er in der perspectivischen Ansicht erscheine. Bei der Betrachtung des Grundrisses einer Figur denkt man sich nämlich das Auge gerade darüber, bei der perspectivischen Ansicht aber denkt man sich es sie in schiefer Richtung betrachtend; anstatt den Ort des Auges zu verändern, wenn man von der Betrachtung im Grundriss zu der perspectivischen Ansicht übergehen will, kann man auch die im Grundriss dargestellte Figur selbst sich drehend denken, und zwar um eine Linie, welche die eben hervorgehobene ist, die nämlich ihre Richtung, Grösse und Lage unverändert behält, während die anderen Linien in der perspectivischen Ansicht theils eine andere Lage, theils auch eine andere Richtung und Grösse als in dem Grundriss haben. Man kann diese eine, eben hervorgehobene, Linie auch wohl so bezeichnen, dass man sagt, der Grundriss werde in Beziehung auf sie in Perspective gelegt.

§. 13. Es stelle Fig. 4 in der ausgezogenen Linie *lr* und den gestrichelten Linien *vh* und *ab* einen Grundriss vor von zwei sich kreuzenden Linien, die von links nach rechts und von vorn nach hinten gehen, und wo an dem einen Endpunkte vorn (*v*) der einen sich noch eine kleinere, mit der anderen Linie parallel gehende, befindet. Dieser Grundriss wird in Beziehung auf die Linie *lr* in Perspective gelegt, indem man diese Linie des Grundrisses auch zugleich als die perspectivische Ansicht derselben gelten lässt; indem man weiter die Linie *vh* (die in der Richtung von vorn nach hinten geht), unter den Uebereinkunftswinkel legt; indem man dann auf der so bestimmten perspectivischen Linie für die Richtung von vorn nach hinten den Ort für *v* dadurch bestimmt, dass man $^1/_3$ der Länge *cv* auf dem Grundriss von *c* aus auf der perspectivischen Richtung von vorn nach hinten aufträgt; und indem man endlich durch diesen perspectivischen Ort von *v* eine Linie in der Richtung von links nach rechts zieht, von derselben Grösse wie die durch

v in dem Grundriss gehende Linie ab. So erhält man die Fig. 4 in ausgezogenen Linien dargestellte perspectivische Ansicht.

§. 14. Jeder Punkt eines Grundrisses ist in Beziehung auf eine Linie, die durch diesen von links nach rechts geht, leicht in Perspective zu legen; man verbindet jenen Punkt mit dieser Linie durch eine Hülfslinie in der Richtung von vorn nach hinten, d. h. man fällt aus jenem Punkte einen Perpendikel auf diese Linie, legt diesen Perpendikel unter dem Uebereinkunftswinkel in Perspective, trägt ein Drittheil des perpendiculären Abstandes jenes Punktes von besagter Linie auf der perspectivischen Ansicht des Perpendikels ab, und erhält so den gesuchten perspectivischen Ort des Punktes. — Es versteht sich von selbst, dass nach der hier befolgten Art zu zeichnen, Alles, was in dem Grundriss hinter der Linie liegt, in Beziehung auf welche in Perspective gelegt werden soll, in der perspectivischen Ansicht über dieser Linie liegt, und Alles, was im Grundriss vor ihr liegt, in der perspectivischen Ansicht unter ihr.

Es sei das Fig. 5 durch gestrichelte Linien im Grundriss dargestellte Quadrat in Perspective zu legen, und zwar in Beziehung auf eine Linie, die durch die Ecken links und rechts des Quadrates geht. Man zieht diese Linie (sie ist in der Figur punktirt); in ihr liegen die Ecken l und r des Quadrates, deren Ort also in der perspectivischen Ansicht derselbe bleibt, wie in dem Grundriss. Ein aus h auf diese Linie gefällter Perpendikel (er treffe sie bei c) geht verlängert auch durch v; man legt diesen Perpendikel um, unter den Uebereinkunftswinkel; er kommt so in die Richtung ab zu liegen, welche also in der perspectivischen Ansicht die Richtung von vorn nach hinten andeutet. Auf der Linie ab liegen also die perspectivischen Punkte für die Ecken v und h des Grundrisses, und zwar von c $^1/_3$ so weit abstehend, als es in dem Grundriss der Fall ist (die Abstände vc und ch, als in der Richtung von vorn nach hinten gelegen, zeichnen wir ja perspectivisch auf $^1/_3$ der wirklichen Grösse verkürzt). So bekommt man für die Punkte v und h des Grundrisses ihre perspectivischen Orte; für l und r sind sie gleichfalls bestimmt; die Linien, welche sie verbinden (die in Fig. 5 ausgezogenen) geben also die perspectivische Ansicht eines mit einer Ecke nach vorn liegenden Quadrates.

§. 15. Der Anfänger wird sehr wohl thun, mehrere im Grundriss gezeichnete Figuren in Beziehung auf eine bestimmte von links nach rechts gehende Linie nach obigen Regeln in Perspective zu legen. Zur Vermittelung solcher Uebungen ist in Fig. 6 ein Quadrat in Beziehung auf eine Linie, die durch die Mitte zweier gegenüberliegender Seiten geht (also ein Quadrat, das mit einer Seite nach vorn liegt), in Fig. 7 ein reguläres Sechseck in Beziehung auf eine eben solche Linie (also ein Sechseck, das mit einer Ecke nach vorn liegt), in Fig. 8 ein reguläres Sechseck in Beziehung auf eine Linie, die durch zwei gegenüberliegende Ecken geht (also ein Sechseck, welches mit einer Seite nach vorn liegt), im Grundriss (die gestrichelten Linien) und in der perspectivischen Ansicht (die ausgezogenen Linien) gezeichnet. Es sind in diesen Figuren auch die in Anwendung kommenden Hülfslinien (punktirt) eingetragen. Fig. 9 und 10 geben Grundrisse und perspectivische Ansichten ohne diese Hülfslinien; hier ist immer nur die Linie punktirt eingetragen, in Beziehung auf welche in Perspective gelegt wurde. Jedes Eck einer perspectivischen Ansicht ist mit demselben Buchstaben bezeichnet wie das entsprechende Eck des Grundrisses. — Jeder Anfänger wird leicht selbst noch mehrere Grundrisse verschiedenartiger Figuren und perspectivische Ansichten derselben zu construiren wissen.

§. 16. Wir haben bisher nur das perspectivische Zeichnen von Figuren betrachtet, die in Wirklichkeit in einer horizontalen Ebene liegen; bei den krystallographischen Figuren sind auch Linien zu zeichnen, die in der Richtung von oben nach unten gehen. Wir zeichnen diese in unveränderter Richtung und unveränderter Grösse. Was also senkrecht von oben nach unten geht, und in Wirklichkeit einen rechten Winkel mit der Richtung von links nach rechts macht, zeichnen wir auch in der perspectivischen Ansicht unter einem rechten Winkel gegen diese Richtung.

Alle Linien also, die in einer Krystallfigur von oben nach unten und von links nach rechts gehen, werden in ihrer natürlichen Richtung und Länge gezeichnet; alle, welche von vorn nach hinten gehen, werden unter dem Uebereinkunftswinkel gegen die Richtung von links nach rechts geneigt gezeichnet und auf ein Drittheil ihrer natürlichen Lage verkürzt. Alle

wirklich parallelen Linien zeichnen wir auch in der perspectivischen Ansicht parallel; solche Abschnitte auf einer und derselben Linie, die in Wirklichkeit gleich gross sind, zeichnen wir auch in der perspectivischen Ansicht gleich gross. Abschnitte auf Linien in verschiedenen Richtungen können natürlich in der perspectivischen Ansicht oft sehr verschieden gross erscheinen, wenn sie auch in der Wirklichkeit gleich gross sind.

§. 17. Seien drei Linien zu zeichnen, von welchen die eine senkrecht von oben nach unten, die zweite horizontal von links nach rechts, die dritte horizontal von vorn nach hinten geht, und welche drei Linien sich in einem Punkte schneiden. Wir ziehen zuerst die Linie von links nach rechts, legen die Linie von vorn nach hinten unter dem Uebereinkunftswinkel gegen die erstere, und ziehen dann die Linie von oben nach unten durch den Schneidungspunkt, rechtwinklig gegen die Linie von links nach rechts. So ergiebt sich Fig. 11, welche also die Richtungen vorn (*v*) nach hinten (*h*), links (*l*) nach rechts (*r*), oben (*o*) nach unten (*u*) andeutet. Sollen auf diese Linien Punkte aufgetragen werden, welche gleich weite Abstände von dem Durchkreuzungspunkte der Linien (*c*) darstellen, so zeichnen wir diese Punkte auf die Linien von links nach rechts und von oben nach unten wirklich gleich weit von *c* abstehend, auf die Linie von vorn nach hinten aber $^1/_3$ so weit von *c* abstehend. Die Punkte *v*, *h*, *l*, *r*, *o*, *u*, Fig. 11, deuten also Abstände von *c* an, die in Wirklichkeit gleich gross sind.

§. 18. Sei ein Würfel zu zeichnen, dessen Kanten 1 Par. Zoll lang sind, der auf einer Fläche aufsteht und mit einer Fläche nach vorn gerichtet ist. Man beginne an einer Fläche, welche die Basis vorstellt, indem man (Fig. 12) die vordere untere Kante, von links nach rechts, *ab* in der wirklichen Grösse zieht. An *a* und *b* stossen die unteren Kanten, die links und rechts von vorn nach hinten gehen, *ac* und *bd*; diese zeichnen wir unter dem Uebereinkunftswinkel gegen *ab* geneigt, und auf $^1/_3$ ihrer wirklichen Länge verkürzt. Die hintere untere Kante *cd* wird wieder in ihrer wirklichen Grösse und Richtung (von links nach rechts) gezeichnet. Auf *a*, *b*, *c* und *d* kommen die verticalen Kanten zu stehen, welche also in wirklicher Grösse und wirklicher Richtung (von oben nach unten) gezeichnet werden;

ihre oberen Endpunkte werden dann durch Kanten verbunden, von denen auch wieder die von links nach rechts gehenden in ihrer wirklichen Grösse und Richtung, die von vorn nach hinten gehenden aber verkürzt und in abgeänderter Richtung erscheinen.

§. 19. Es ist dem Anfänger nicht genug anzurathen, sich möglichst mit dem Zeichnen krystallographischer Figuren zu beschäftigen. Nichts übt so das Vorstellungsvermögen, wie es für das krystallographische Studium ausgebildet werden muss, als diese Beschäftigung, und das sorgsame Vergleichen der selbstgezeichneten Figuren, der einzelnen Ecken und Linien, mit den entsprechenden Modellen und Stellen auf denselben. In dem Folgenden soll für das Zeichnen so viel Anleitung gegeben werden, als in einer solchen Schrift sich ohne Uebelstand geben lässt; es soll diese Anleitung nur dazu dienen, dem Anfänger bei den ersten Versuchen ein Leitfaden zu sein; den eigentlichen Nutzen schöpft er nur aus eigener Thätigkeit, und er lernt mehr, wenn er die Zeichnung einer einfachen Figur nach mehreren vergeblichen Versuchen selbstständig richtig zu Stande bringt, als wenn er eine complicirte Krystallgestalt von einer weitläufigen Anleitung gegängelt in kurzer Zeit richtig zeichnet.

Zu dem Zeichnen braucht man gutes Zeichnenpapier, gute Bleistifte (einen flach geschärften zum Ziehen von Linien, einen scharf gespitzten zum Markiren von Punkten), deren Striche durch Caoutchouc sich leicht wegnehmen lassen; einen, besser mehrere, Zirkel, wo ein Bleistift eingesetzt werden kann, ein längeres und ein dreieckiges Lineal. Durch einen Punkt legt man eine Linie parallel mit einer anderen, indem man das Dreiecklineal mit seiner einen Seite (*a*) genau an diese Linie anlegt, das längere Lineal fest an eine andere Seite des Dreiecklineals, und nun dieses verrückt, bis seine Seite *a* sich genau an jenem Punkte befindet, durch welchen man nun längs dieser Seite *a* die gewünschte Linie zieht. — Bei dem Zeichnen von Krystallfiguren construirt man zuerst alle Kanten und Ecken fein mit Bleistift; man kann dann entweder die Eckpunkte mittelst einer Stahlspitze auf reines Papier übertragen, und auf diesem die Figur fertig ausführen, oder dies gleich auf dem ersten Papier thun. Zweckmässig legt man dann alle Kanten

der wirklich zu zeichnenden Krystallgestalt erst mit etwas stärkeren Bleistiftstrichen an, diejenigen, welche man wirklich sieht (die vorderen), in ausgezogenen Linien, diejenigen, welche dem Beschauer durch den Krystallkörper selbst verdeckt sind (die hinteren), fein gestrichelt. Bei dieser vorgängigen Ausführung mit Bleistift erhält man eine vollkommene Uebersicht über die Zeichnung, und kann doch noch jeden Fehler (wenn man z. B. eine hintere Kante ausgezogen, statt gestrichelt hat) leicht verbessern. Dann führt man die Figur ganz in derselben Weise mit der Reissfeder und Tusche aus; es ist gut, namentlich wenn die Figur sehr viele Kanten hat, die hinteren höchst schwach und mit dünnerer Tusche, die vorderen stark und schwärzer zu zeichnen, damit der Körper im Bilde deutlicher hervortrete. Andere Linien als die Kanten, welche man sich in der Krystallfigur oder auf den Flächen gezogen denkt, sind in den Zeichnungen zu diesem Buche punktirt; der Anfänger thut besser, sie in anderen Farben zu ziehen und dabei eine gewisse Gleichförmigkeit zu beobachten; so z. B. alle Linien, die in dem Folgenden als Axen bezeichnet werden, roth auszuziehen.

Das Zeichnen von Krystallformen erscheint oft als Kleinigkeit und kann auch zur Spielerei werden; ordentlich betrieben giebt es, abgesehen von der Erleichterung des krystallographischen Studiums, dem Anfänger eine Sammlung selbst gezeichneter Figuren in die Hände, an welchen sich dieser besser zurecht findet, als an allen fremden Zeichnungen.

§. 20. Uebungen an wirklichen Krystallen; Entstehung derselben. Das Studium an Modellen und Zeichnungen ist wichtig für das Verständniss der krystallographischen Gesetze. Die theoretische Kenntniss der letzteren allein befähigt indess keineswegs, für jeden wirklichen Krystall zu erkennen, nach welchen Gesetzen er gebildet ist. Die wirklichen, in der Natur sich findenden oder künstlich dargestellten, Krystalle weichen in ihrem Aussehen oft bedeutend von dem ab, welches sie gewissermassen eigentlich haben sollten und mit welchem sie durch Modelle und Zeichnungen dargestellt werden. Sicherheit und Fertigkeit in der Bestimmung solcher Krystalle wird nur durch Uebung erreicht. In dem Folgenden werden immer Substanzen genannt werden, an welchen sich die zu besprechen-

den krystallographischen Eigenschaften vorfinden; ein grosser Theil von ihnen ist leicht zu erhalten oder darzustellen, und mit der Untersuchung dieser wirklichen Krystalle möglichst viel sich zu beschäftigen, ist dem Anfänger nicht genug anzurathen.

§. 21. Es mag hier Einiges über die Entstehung der Krystalle und die Mittel, sie deutlich zu erhalten, angeführt werden. Ein Körper nimmt meistens krystallinische Form an, indem er aus dem flüssigen Zustande in den festen übergeht. Selten sind die Fälle, wo eine feste oder nur erweichte unkrystallinische Substanz krystallinisch wird; es zeigt sich dies z. B. an der arsenigen Säure, die zu einem amorphen durchsichtigen Glase geschmolzen werden kann, welches allmälig undurchsichtig und krystallinisch wird; rasch abgekühlter, amorpher Schwefel oder Zucker, Glas bei höherer Temperatur u. a. zeigen gleichfalls Krystallinischwerden im festen Zustande.

Der flüssige Zustand, aus welchem ein Körper in den festen unter Annahme von Krystallgestalt übergeht, kann der elastischflüssige (gasförmige) oder tropfbarflüssige sein. Aus dem ersteren, durch Condensirung des Dampfes, bilden sich z. B. Krystalle von Salmiak, arseniger Säure u. a.

Häufiger entstehen die Krystalle bei dem Uebergange aus dem tropfbarflüssigen Zustande in den festen. Die Substanzen werden entweder nur durch Wärme flüssig gemacht (Schwefel, Wismuth) oder durch Wärme und ein flüssiges Lösungsmittel (Salpeter in Wasser, Schwefel in Schwefelkohlenstoff u. a.); in beiden Fällen erfolgt das Krystallisiren bei dem Erkalten. Oder die Substanz ist in einer Flüssigkeit gelöst, welche allmälig (durch Verdunstung oder Zusatz eines anderen Körpers) entzogen wird, wo das vorher Aufgelöste sich krystallinisch abscheidet (Kochsalz in Wasser gelöst bei Verdunstung des letzteren, Salpeter in Wasser gelöst bei Zusatz von Weingeist).

Einige Substanzen krystallisiren aus der Auflösung besser bei dem Erkalten, andere besser bei dem Verdunsten. Immer erhält man grössere Krystalle, wenn die Krystallisation in einem hohen, als wenn sie in einem flachen und breiten Gefässe vorgenommen wird. Die Krystalle sind um so besser ausgebildet, je langsamer sie entstehen. Bei dem Krystallisiren

durch Erkalten kann man dies erreichen, indem man die Quantitäten so gross nimmt, dass das Erkalten langsam vor sich geht, oder indem man das Gefäss mit der zu krystallisirenden Substanz in eine grössere Menge einer heissen Flüssigkeit taucht, und mit dieser langsam erkalten lässt; bei dem Krystallisiren durch Verdunsten durch angemessene Temperatur (die hier immer möglichst gleichförmig sein muss) und mehr oder weniger vollständige Verschliessung des Gefässes, worin die zu krystallisirende Substanz sich befindet.

Da die Krystalle sich um so regelmässiger bilden, je langsamer sie entstehen, so sind diejenigen Substanzen schwierig in guten Krystallen zu erhalten, deren Löslichkeit sich mit der Temperatur sehr rasch verändert; bei geringer Temperaturveränderung scheidet sich sogleich so viel von ihnen ab, dass dieses sich nicht zu einzelnen gut ausgebildeten Krystallen zusammenfügen kann. Substanzen, welche sehr löslich sind, krystallisiren aus demselben Grunde weniger gut durch Verdunstung des Lösungsmittels.

Die Veränderung der Löslichkeit durch Veränderung der Temperatur ist nicht bei allen Temperaturen gleich gross; eine bei 20° gesättigte Salpeterlösung setzt bei Erkaltung um 1° mehr Salpeter ab, als eine bei 0° gesättigte bei Erkaltung um gleichfalls 1°; gewisse Substanzen krystallisiren daher besser bei einer, als bei einer anderen Temperatur, und im Allgemeinen (da fast immer die Löslichkeitsveränderung bei niedrigen Temperaturen kleiner ist, als bei höheren) bei niederen Temperaturen besser als bei höheren.

Substanzen, deren Löslichkeit in einer gewissen Flüssigkeit sich mit der Temperatur sehr rasch verändert, kann man besser krystallisirt erhalten, indem man eine andere Flüssigkeit als Lösungsmittel nimmt, oder indem man die Löslichkeitsveränderung in der ersteren Flüssigkeit durch Zusatz eines anderen Stoffes verkleinert. Die Verschiedenheit der Löslichkeit des Salmiaks in reinem Wasser bei verschiedenen Temperaturen ist z. B. viel bedeutender, als die in harnstoffhaltigem Wasser.

Eine jede Substanz, welche man gut krystallisirt erhalten will, ist nach diesen verschiedenen Rücksichten zu untersuchen, um die Umstände zu erfahren, unter welchen sie am Besten

krystallisirt. Haben sich aus einer Auflösung Krystalle abgesetzt, so kann man diese vergrössert und rundum ausgebildet erhalten, indem man einzelne davon in gesättigte Auflösung legt, die man langsam verdunsten lässt und in welcher man die Krystalle täglich umwendet und von etwa angesetzten kleineren Krystallen säubert. Bei diesem Wachsenlassen der Krystalle vergrössern sie sich, wenn sie auf dem Boden des Gefässes aufliegen, immer vorzugsweise im horizontalen Sinne (das Ankrystallisirende setzt sich neben an); um sie nach Einer Richtung vergrössert zu erhalten, hängt man sie passend so auf, dass diese Richtung senkrecht ist und der Krystall selbst im unteren Theile der Flüssigkeit schwebt (das Ankrystallisirende setzt sich dann reichlich unten an). Bei einigen sehr schwierig deutliche Krystalle bildenden Substanzen thut die Zeit das Beste; man bringt die Auflösung, aus welcher sich Weniges abgeschieden hat, in einen Raum, wo sich die Temperatur innerhalb geringer Grenzen häufig ändert; allmälig verschwinden die kleinen Krystalle und etwas grössere finden sich dafür deutlicher ausgebildet.

Oft zeigt ein Krystall bei seinem Entstehen so viele Flächen, dass dem Anfänger die Orientirung daran schwierig wird; das Wachsenlassen vermindert im Allgemeinen die Verschiedenartigkeit der Flächen, indem sich nur einige dabei vergrössern, andere kleiner werden oder zuwachsen. Umgekehrt kann es wünschenswerth sein, an einem einfacheren Krystall mehrerlei Flächen zu haben, als er zuerst zeigt; man erreicht dies oft so, dass man von dem Krystall sehr Weniges auflöst (das Gefäss, worin er sich mit der Mutterlauge befindet, gelinde erwärmt), und ihn dann wieder (durch Abkühlen) etwas wachsen lässt; zur rechten Zeit herausgenommen, zeigt er dann häufig zwischen den früheren Flächen jetzt auch noch neue. Ebenso kann man manchmal neue Krystallflächen hervorbringen, indem man zusammengewachsene Krystalle auseinanderbricht; die Zusammsetzungsfläche entspricht häufig einer Krystallfläche, welche man durch Wachsenlassen glatt erhalten kann. Endlich kann man derselben Substanz manchmal verschiedene Form geben, je nach einem Zusatz zu dem Lösungsmittel; Kochsalz krystallisirt aus reinem, harnstoffhaltigem oder subli-

mathaltigem Wasser verschieden; Alaun anders aus der Lösung in reinem Wasser, als aus einer mit Kali oder Salzsäure versetzten, u. a.

Hülfsmittel bei krystallographischen Bestimmungen.

§. 22. Winkelmessung. Bei krystallographischen Bestimmungen ist es oft von Vortheil oder nothwendig, zu ermitteln, unter welchem Winkel gewisse Flächen an einem Krystall zu einander geneigt sind. Es dienen hierzu die Winkelmesser oder Goniometer.

Das einfachste dieser Instrumente ist das Anlegegoniometer oder Handgoniometer, Fig. 69. Es besteht aus einem eingetheilten Halbkreise von Metall, *abd*, von welchem aus zwei Metallstreifen, *ec* und einer in der Richtung *dc*, nach dem Mittelpunkte gehen. Auf dem Halbkreise sind zwei Lineale, *km* und *gh*, angebracht, welche beide geschlitzt sind, so dass sie sich an dem Mittelpunkte *c* hin und her bewegen lassen und die Schenkel des Winkels *kch* grösser oder kleiner gemacht werden können. Das Lineal *km* ist nur in diesem Sinne beweglich, das Lineal *gh* lässt sich ausserdem noch um *c* drehen. Eine Linie in der Mitte des Lineals *km*, welche auch durch *c* geht, verbindet die Punkte 0° und 180° der Theilung des Halbkreises. Das andere Lineal *gh* ist an dem Theile, mit welchem es sich auf der Theilung bewegt, schmäler, so dass die (ausserdem auch zugeschärfte) Kante *gi* verlängert durch den Mittelpunkt *c* hindurchginge. So ist der Winkel, welchen diese Kante *gi* auf der Theilung angiebt, gleich dem Winkel *n*, welchen die Kanten der Lineale, *kn* und *nh*, mit einander machen.

Bei dem Gebrauche bringt man den zu messenden Krystall zwischen die Lineale *kn* und *nh*, in der Richtung, dass beide auf der Durchschnittslinie oder Kante der zwei Flächen, deren Neigung zu einander gemessen werden soll, rechtwinklig stehen. Man hält den Krystall mit der linken Hand, das Goniometer etwa bei *e* zwischen dem Daumen und dem Mittel-

finger; man legt das Lineal *kn* fest auf die eine Krystallfläche an und bewegt, mit dem Zeigefinger bei *g*, das andere Lineal *gh*, bis dieses auf der anderen Fläche genau anliegt. Der Winkel, welchen dann die Kante *gi* des letzteren Lineals auf der Theilung angiebt, ist der, unter welchem beide Krystallflächen zu einander geneigt sind.

Wenn die eine Fläche einzelne Hervorragungen zeigt, auf ihr z. B. einzelne kleine Krystalle aufgewachsen sind, so legt man das Lineal *kn* fest auf die glatte Fläche und stellt das andere, *hn*, so, dass der helle Raum zwischen ihm und dem ebenen Theile der anderen Fläche parallel begrenzt erscheint. Stets ist besondere Sorgfalt darauf zu richten, dass beide Lineale auf der Kante zwischen den zwei Flächen rechtwinklig stehen.

Bei Messungen an Krystallen, die auf eine Unterlage aufgewachsen sind, giebt man den Theilen *kn* und *hn* der Lineale durch Verschieben der letzteren die angemessene Länge. Bei solchen Messungen ist manchmal der Theil *ab* des getheilten Halbkreises hinderlich. Gewöhnlich ist deshalb an den Anlegegoniometern der Halbkreis bei *b* durchschnitten und die zwei Theile mittelst eines Charniers verbunden; ein Metallstreifen *fi* lässt sich dann um *c* drehen; wenn er so steht, wie in Fig. 69, hält er den Theil *ab* des Halbkreises in gleicher Ebene mit *bd*; wenn er hingegen nach *e* hin gedreht ist, kann *ab* nach der Rückseite von *bd* hin umgeschlagen werden.

Der Gebrauch des Handgoniometers ist sehr bequem und §. 23.
Anfängern bei ihren krystallographischen Uebungen zu empfehlen. Er setzt aber voraus, dass die Krystalle ziemlich gross sind und ebene Flächen haben; und selbst im günstigsten Falle lässt sich nur bis auf $^1/_4$ Grad etwa genau damit messen. Sehr weiche Krystalle werden indess durch Messungen mit dem Handgoniometer leicht beschädigt; kleine Krystalle, welche gewöhnlich vorzugsweise ebene Flächen zeigen, lassen sich nicht mit ihm messen. Für diese ist das ausserdem grössere Genauigkeit gebende Reflexionsgoniometer anwendbar, welches nur voraussetzt, dass die Krystallflächen eben und glänzend sind.

Die Anwendung dieses Instrumentes beruht auf Folgendem. Denken wir uns an einem verticalen Kreise *gh* (Fig. 70) einen

Krystall mit dem senkrechten Durchschnitt *abcd* so befestigt, dass die Kante *c* zwischen den zwei Flächen *bc* und *dc*, deren Neigung oder der Winkel *bcd* zu messen sei, in der Verlängerung der Axe jenes Kreises liege. Denken wir uns das Auge des Beobachters in *o*, so wird dieser an der Kante *c* des Krystalls vorbei einen Gegenstand *y* sehen können, und in der glänzenden Fläche *cb* wird er gleichzeitig das Bild eines Gegenstandes *x* gespiegelt erblicken. Wird der Kreis mit dem Krystall so gedreht, dass die Fläche *dc* in die Lage kommt, welche vorher *cb* hatte, so wird dasselbe statthaben; der Beobachter wird gleichfalls gleichzeitig, neben oder auf einander, den Gegenstand *y* direct und den Gegenstand *x* durch Spiegelung sehen. Damit *dc* in die Lage komme, welche vorher *cb* hatte (damit *dc* in die Verlängerung *cz* von *dc* komme), muss der Krystall um den Winkel *dcz*, d. h. um den Complementwinkel für den gesuchten *dcb* zu 180°, gedreht werden. Die Grösse dieses Winkels *dcz* bestimmt man, indem man den eingetheilten Kreis sammt dem Krystall dreht, bis das bei *o* befindliche Auge des Beobachters *x* und *y* neben oder auf einander sieht; ein Zeiger *p* giebt an dem Kreise an, um welchen Winkel gedreht wurde. Gesetzt, der Zeiger habe bei 0 des getheilten Kreises gestanden, als die Fläche *cb* das Bild eines Gegenstandes *x* in das Auge *o* reflectirte, welches zugleich an *c* vorbei *y* sah; um 40° (den Winkel *dcz*) müsste der Kreis sammt dem Krystall gedreht werden, damit die Fläche *dc* das Bild von *x* in derselben Richtung reflectire (so dass es von dem in *o* befindlichen Auge gleichfalls in der Richtung *ocy* gesehen wird), so ist der Winkel *bcd*, unter welchem die zwei Flächen *bc* und *cd* zu einander geneigt sind, = 180° — 40° = 140°.

Der Winkel also, unter welchem zwei Flächen zu einander geneigt sind, ist das Complement zu 180° von dem Winkel, um welchen man den Krystall drehen muss, damit die eine Fläche das Bild eines Gegenstandes in derselben Richtung reflectire, wie es vorher die andere that. Stand, als die eine Fläche dieses Bild in einer bestimmten Richtung reflectirte, der Zeiger *p* bei 0° der Theilung des Kreises, und, als die andere Fläche das Bild in derselben Richtung reflectirte, der Zeiger bei *X*° der Theilung, so ist die Neigung beider Flächen

zu einander $= 180^0 - X^0$. Diesen Neigungswinkel kann man aber auch unmittelbar auf der Theilung ablesen, wenn man bei richtiger Lage der ersten Fläche (d. h. dass sie das Bild von x in einer bestimmten Richtung yco reflectirt) den Zeiger auf 180° stellt; dreht man dann, bis die andere Fläche in die richtige Lage kommt, so zeigt der Zeiger unmittelbar den Neigungswinkel der zwei Flächen. Steht in Fig. 70 0° an dem Zeiger, wenn die Fläche cb in der richtigen Lage ist, so kommt 40° an den Zeiger, wenn cd in diese Lage kommt, und der Winkel bcd wird dann $= 180^0 - 40^0 = 140^0$ gefunden; steht 180° an dem Zeiger bei richtiger Lage der Fläche cb, so wird 140° an demselben stehen, wenn die Fläche cd in die richtige Lage gekommen ist, und der Zeiger giebt also in diesem Falle den Neigungswinkel der Flächen, $bcd = 140^0$, unmittelbar an.

§. 24. Das Instrument zur Benutzung dieses Princips ist in seiner einfachsten Gestalt so eingerichtet, wie es Fig. 71 im Durchschnitt, Fig. 72 in der perspectivischen Ansicht zeigt. Auf einer Fussplatte A, welche unbeweglich (z. B. durch Einschieben zwischen irgendwo befestigte Leisten) gestellt werden kann, steht eine Säule B, die ein Stück Messing C trägt. Letzteres ist durchbohrt; in ihm dreht sich eine Axe D, an welcher der getheilte Kreis E und ausserdem eine runde Scheibe F und eine geränderte G befestigt sind; mittelst letzterer lässt sich die Axe D sammt der Scheibe F und dem Theilkreise E drehen. Sie kann aber auch unbeweglich gemacht werden; von dem Messingstück C aus geht ein Metallstück S, an welches sich ein anderes T anlegt, so dass die an D befestigte Scheibe F bei dem Drehen zwischen S und T gleitet; T kann aber gegen S gedrückt werden mittelst einer Schraube U, und durch das Anziehen der letzteren wird F zwischen S und T geklemmt und sammt der Axe D und dem Theilkreise E unbeweglich gemacht. — Von C aus geht ausserdem noch ein Metallstreifen Q, welcher einen Nonius R trägt, dessen Nullpunkt dem Zeiger p in Fig. 70 entspricht. — Die Axe D ist wiederum durchbohrt; in ihr dreht sich eine dünnere Axe H mit einigem Widerstande, an welcher einerseits die geränderte Scheibe I befestigt ist, andererseits ein knieförmiges Stück Messing K. K trägt eine Büchse L, in welcher das gleichfalls knieförmige

Stück *M* beweglich ist; *M* wiederum eine Büchse *N*, in welcher ein Stift *O* mit der Scheibe *P* sich drehen und hin- und herziehen lässt. Die Bewegungen in *L* und *N* sind gleichfalls nur mit einigem Widerstande ausführbar, so dass sie nicht von selbst eintreten.

Wenn die Schraube *U* nicht angezogen ist, kann man mittelst der Scheibe *G* die Axe *D* sammt *F* und dem Theilkreis *E* drehen, und die Axe *H* sammt allem daran Befestigten macht dann diese Bewegung mit. Ist die Schraube *U* fest angezogen, so kann man die Scheibe *G* nicht drehen, wohl aber noch die Scheibe *I*, und durch diese die Axe *H* sammt *K*, *M*, *O*.

§. 25. Zur Messung mittelst dieses Instrumentes giebt man ihm eine feste Stellung auf einem Tische, gegenüber einem Fenster und etwa 10 bis 20 Fuss davon entfernt; man stellt es so, dass der Theilkreis vertical und rechtwinklig auf die Ebene des Fensters ist, die Axen des Instrumentes mithin einer horizontalen Fenstersprosse parallel sind. Das knieförmige Stück *M* stellt man so, dass der horizontale Theil desselben mit dem horizontalen Theile von *K* einen Winkel bildet; an das Ende des Stiftes *O O* befestigt man mit etwas Wachs den zu messenden Krystall *a*, so dass die Kante zwischen den zwei Flächen, deren Neigung bestimmt werden soll, dem Augenmaasse nach möglichst genau in der Verlängerung der Axe *H* des Goniometers liegt. In Fig. 72 sei diese Kante die zwischen der oberen und der vorderen Krystallfläche liegende. Es lässt sich indess diese Kante dem blossen Augenmaasse nach nicht hinlänglich genau parallel mit der Axe *H* einstellen; zur genaueren Einstellung dienen die Bewegungen in *L* und in *N*. — Denken wir uns das Auge des Beobachters vor und etwas über dem Krystall *a*, so wird es an der zu messenden Kante vorbei eine unter dem Fenster gezogene horizontale schwarze Linie *y* direct sehen können, und bei Drehung des Krystalls (mittelst Umdrehung der Scheibe *I*) wird es bald durch die eine, bald durch die andere Krystallfläche das Bild des Fensters sammt den Fenstersprossen reflectirt sehen; die Kante zwischen den zwei zu messenden Krystallflächen ist dann der Axe *H* parallel, wenn beide Flächen die horizontalen Fenstersprossen auch im reflectirten Bilde horizontal zeigen, d. h. wenn die in beiden Flächen reflectirt gesehenen Fenstersprossen der

horizontalen Linie *y* parallel erscheinen. Ist der Krystall nur dem Augenmaass nach an *O* befestigt, so wird diese Bedingung meist an beiden Flächen nicht erfüllt; die genauere Einstellung beruht darauf, dass man mittelst der Bewegungen in *L* und *N* einer Fläche eine andere Lage geben kann, ohne dass zugleich die andere ebenso stark aus ihrer Lage gebracht wird. Befindet sich z. B. die ganze Vorrichtung in dem Zustande, wie sie Fig. 72 zeigt, so wird durch Drehen des Stiftes *O O* in *N* hauptsächlich die obere Fläche des Krystalls *a* in ihrer Lage verändert, viel weniger die vordere; umgekehrt bringt ein Drehen von *M* (sammt dem, was daran befestigt ist) in *L* eine grössere Veränderung in der Lage der vorderen, als in der der oberen Fläche von *a* hervor. Indem der Beobachter jede Fläche mittelst der Bewegung, welche ihre Lage (oder die Richtung, in welcher die Fenstersprossen von ihr reflectirt erscheinen) am stärksten verändert, so einstellt, dass die horizontalen Fenstersprossen auch in dem von ihr reflectirten Bilde horizontal erscheinen, kann er die Kante zwischen den Flächen der Axe des Instrumentes leicht genau parallel stellen. — Der Beobachter sitzt z. B. vor dem Goniometer Fig. 72, er blickt an der Kante weg nach der horizontalen Linie *y* und sieht in der oberen Fläche das Bild des Fensters (welches letztere um *x* herum sich befinden mag); er stellt mittelst der Bewegung in *N* den Krystall so, dass die reflectirten Fenstersprossen ihm parallel mit *y* erscheinen. Dann dreht er an *I*, bis die bisher vordere Fläche oben hin kommt und ihm das Bild des Fensters reflectirt; er stellt jetzt den Krystall mittelst der Bewegung in *L* ebenso ein. Diese Operationen wiederholt er, bis die horizontalen Fenstersprossen durch beide Flächen parallel mit *y* reflectirt erscheinen.

Der Krystall ist dann richtig eingestellt. Der Beobachter dreht nun an *G* (die Schraube *U* muss gelüftet sein), bis 180° auf dem Theilkreise *E* an dem Nullpunkt auf dem Nonius *R* steht; er befestigt den Theilkreis in dieser Stellung durch Anziehen der Schraube *U*. Er dreht an *I*, bis das Bild einer (z. B. durch ein angestecktes Stück Papier) bestimmten Fenstersprosse oder des ausgeschnittenen lichten Raumes in einem auf das Fenster befestigten schwarzen Papier *x* durch eine Fläche in sein Auge reflectirt wird, welches an der Kante des

Krystalls vorbei nach y hinsieht, d. h. bis das Bild und diese Linie sich decken. Dann löst er die Schraube U, und dreht (ohne an I zu rühren) die Scheibe G, bis die andere Fläche ganz dasselbe thut. Dann liest er auf dem Theilkreise den Stand des Nullpunktes des Nonius ab und erfährt so den Winkel, unter welchem beide Flächen zu einander geneigt sind.

Je besser die Flächen eines Krystalls spiegeln, um so weiter entfernte Gegenstände kann man bei der Messung dazu benutzen, ihr reflectirtes Bild zur Coincidenz mit der Linie y zu bringen, und um so genauer ist im Allgemeinen das Resultat der Messung; als entferntere Gegenstände kann man den Schornstein eines gegenüberstehenden Hauses u. a. nehmen. Spiegeln die Krystalle schlecht, so muss man nähere Gegenstände reflectiren lassen, manchmal selbst eine Lichtflamme, deren Helligkeit man durch einen dunkeln Hintergrund noch mehr hervortreten macht. Bei solchen schlecht spiegelnden Krystallen kann man häufig die horizontalen Fenstersprossen im reflectirten Bilde nicht mehr unterscheiden, und benutzt dann zur Einstellung das Bild des dickeren verticalen Fensterrahmenstücks, welches von jeder Fläche reflectirt dem Beobachter gerade in der Richtung von ihm nach dem Fenster hin erscheinen muss, wenn der Krystall richtig eingestellt ist.

Die meisten künstlichen Krystalle verlieren durch Berührung mit der Hand den Glanz und ertragen nicht das Abputzen; bei ihrer Untersuchung und Messung thut man wohl, sie mit der am unvollkommensten ausgebildeten Stelle mittelst etwas Wachses an ein kleines Holzstäbchen zu befestigen, und sie nur an diesem anzufassen und an dem Goniometer zu befestigen.

§. 26. Auch die Grösse der ebenen Winkel auf den Krystallflächen kann behufs der Krystallbestimmung untersucht werden, und namentlich für mikroskopische Krystalle hat man dieses Hülfsmittel angewandt. Seine Benutzung ist zu eingeschränkt und die Beschreibung würde mehr Weitläufigkeit erfordern, als dass hier darauf eingegangen werden kann, so nützlich es auch für einzelne Fälle ist.

§. 27. Von Wichtigkeit ist die Eigenschaft der krystallisirten Substanzen, dass sie im Allgemeinen nach gewissen Richtungen hin weniger Zusammenhang zeigen, als nach anderen, oder

dass sie nach gewissen Richtungen hin spaltbar sind. Die Spaltbarkeit zeigt sich, indem man einen Krystall aufs Gerathewohl zerschlägt, wo die Bruchstücke durch ebene Flächen nach den Spaltungsrichtungen hin begrenzt sind; oder darin, dass nach diesen hin Sprünge in dem Krystall bemerkbar sind; oder, indem man nach verschiedenen Richtungen hin den Krystall zu trennen sucht, wo sich die Spaltungsrichtungen dadurch zu erkennen geben, dass nach ihnen die Trennung leichter und unter Hervorbringung ebener Flächen statthat. Bei dem Zerschlagen aufs Gerathewohl zeigen nur die Krystalle deutliche Spaltungsrichtungen, welche nach diesen in hohem Grade leicht sich trennen. Die letzte Art, die Spaltungsrichtungen aufzusuchen, ist die sicherste und allgemeinste; man führt sie aus, indem man einen Meissel auf den Krystall aufsetzt und mit einem Hammer einen kurzen Schlag auf diesen giebt, oder auch manchmal zweckmässig mittelst eines Messers und eines raschen Druckes auf dasselbe. Die Richtung der Spaltbarkeit wird bezeichnet durch die Krystallflächen, mit welchen sie parallel ist; ausserdem wird der Grad der Spaltbarkeit, ob mehr oder minder leicht oder vollkommen, angegeben.

Mit den Spaltungsrichtungen sind die Zusammensetzungsrichtungen nicht zu verwechseln; letztere sind die, nach welchen zwei Krystalle an einander gewachsen sind oder sich berühren. Die Spaltungsflächen sind durch die ganze Masse eines Krystalls in jedem Punkte hervorbringbar; die Zusammensetzungsflächen zeigen sich nur da, wo verschiedene Krystalle an einander gewachsen sind.

Endlich bieten noch gewisse Eigenschaften der Flächen, §. 28.
ein verschiedener Grad des Glanzes, Streifung u. s. w., Anhaltspunkte zu krystallographischen Bestimmungen; an einzelnen Beispielen werden wir in dem Folgenden darauf zurückkommen.

Allgemeinere Erklärungen und Betrachtungen.

Flächen, Kanten, Ecken.

§. 29. Die Krystalle sind durch ebene Flächen begrenzt; bei der Untersuchung eines Krystalls beachtet man die Zahl, die Form und die Lage der begrenzenden Flächen. Die Linien, in welchen zwei Flächen zum Durchschnitt kommen, heissen Kanten; man beachtet bezüglich der Kanten an einem Krystall die Zahl, die relative Grösse, die Lage derselben und unter welchem Winkel zwei eine Kante bildende Flächen zu einander geneigt sind. Wenn drei oder mehrere Flächen in einem Punkte zusammentreffen, so bilden sie hier ein Eck; man beachtet die Zahl der Ecken an einem Krystall, und die Zahl und die Art der Flächen und Kanten, welche in jedem Eck zusammenstossen. Oft untersucht man auch die Form eines bestimmten Schnittes durch einen Krystall; Schnitt heisst derjenige Theil einer durch eine Krystallform gelegten Ebene, welcher innerhalb derselben enthalten ist.

§. 30. Gleichnamige Flächen sind solche, welche einander gleich und ähnlich sind und eine gleiche Lage haben; ungleichnamige solche, welche nicht gleich und ähnlich sind oder eine verschiedene Lage haben. Fig. 73. (Modell 1) ist nur durch gleichnamige Flächen begrenzt; Fig. 75 (Modell 4) nicht, aber die sechs quadratischen Flächen an dieser Form sind alle gleichnamig (sie sind congruent und haben gleiche Lage, jede liegt nämlich zwischen vier gleichseitig dreieckigen

Flächen), und ebenso die acht gleichseitig dreieckigen Flächen unter sich. In Fig. 254 sind die mit ∞P bezeichneten Flächen unter sich gleichnamig, aber keineswegs mit der Fläche $\infty \breve{P} \infty$ und der gegenüberliegenden, obgleich beiderlei Flächen Rechtecke vorstellen, denn die Lage ist verschieden; die Flächen ∞P liegen immer zwischen zwei dreieckigen Flächen, die Flächen $\infty \breve{P} \infty$ hingegen zwischen zwei rectangulären.

Gleichflächige Kanten werden von gleichnamigen Flächen gebildet, ungleichflächige von ungleichnamigen. Fig. 73 (Mod. 1) hat nur gleichflächige Kanten, Fig. 75 (Mod. 4) nur ungleichflächige; denn an der letzteren wird jede Kante durch das Zusammenstossen einer viereckigen und einer dreieckigen Fläche gebildet.

Gleiche Kanten sind solche, in welchen die sie bilden- §. 31.
den Flächen unter demselben Winkel zu einander geneigt sind und welche eine gleiche Lage haben; ungleiche Kanten solche, deren Lage oder wo die Neigung der Flächen verschieden ist. Der Würfel, Fig. 77 (Mod. 2), hat nur gleiche Kanten; an der rhombischen Säule, Fig. 418, sind die Kanten links und rechts gleiche, aber die Kante vorn und die links sind ungleiche, weil die Flächen in der Kante vorn unter einem stumpfen, in der Kante links unter einem spitzen Winkel zusammenstossen. Dass an der doppelt sechsseitigen Pyramide, Fig. 376 (Mod. 27), die Kanten AB und BB ungleich sind, ergiebt sich schon aus ihrer verschiedenen Lage; die Kanten AB gehen von einem sechsflächigen Eck zu einem vierflächigen; die Kanten BB liegen hingegen zwischen je zwei vierflächigen Ecken.

Man bezeichnet nämlich ein Eck, je nachdem drei, vier u. s. w. Flächen in ihm zusammenstossen, als ein drei-, vier- u. s. w. flächiges Eck. Wird ein Eck nur von gleichnamigen Flächen gebildet, so heisst es gleichflächig, wo nicht, ungleichflächig. An der gewöhnlichsten Form des Bergkrystalls z. B., Fig. 205 (Mod. 28), sind die von sechs gleichnamigen (gleichschenklig dreieckigen) Flächen gebildeten Ecken gleichflächige, die von je zwei gleichschenklig dreieckigen und von zwei rectangulären Flächen gebildeten Ecken hingegen ungleichflächige. — Ecken, in welchen nur gleiche Kanten zusammenstossen, heissen gleichkantige, Ecken, wo ungleiche

Kanten zusammenstossen, **ungleichkantige**. In der eben erwähnten Fig. 205 (Mod. 28) sind die sechsflächigen Ecken gleichkantig, die vierflächigen Ecken hingegen ungleichkantig. Ein ungleichkantiges Eck kann **symmetrisch** oder **unsymmetrisch** sein, je nachdem die es bildenden ungleichen Kanten in regelmässiger Abwechselung auf einander folgen oder nicht. Die vierflächigen Ecken *B* an der doppelt sechsseitigen Pyramide, Fig. 376 (Mod. 27), sind symmetrisch, die vierflächigen Ecken an der gewöhnlichen Form des Bergkrystalls, Fig. 205 (Mod. 28), hingegen unsymmetrisch. — **Gleiche** Ecken sind diejenigen, an welchen sich dieselben Flächen und dieselben Kanten vorfinden, **ungleiche**, wo dies nicht der Fall ist. Der Würfel, Fig. 77 (Mod. 2), hat keine andere, als gleiche Ecken, die doppelte sechsseitige Pyramide, Fig. 376 (Mod. 27), aber nicht, sondern zweierlei Ecken, sechsflächige und vierflächige; in dem letzteren Falle sind die sechsflächigen Ecken unter sich gleich, und ebenso die vierflächigen unter sich.

Einfache Formen, zusammengesetzte Formen (Combinationen).

§. 32. An einigen Krystallformen finden sich nur gleichnamige Flächen, an anderen ist dies nicht der Fall. Erstere nennt man **einfache Formen**, letztere **zusammengesetzte Formen** oder **Combinationen**. Einfache Formen sind z. B. das Regulär-Oktaëder (die doppelte quadratische Pyramide, welche von acht gleichseitigen Dreiecken begrenzt wird), Fig. 73 (Mod. 1), der Würfel, Fig. 77 (Mod. 2), die doppelte sechsseitige Pyramide, Fig. 376 (Mod. 27). Zusammengesetzte Formen sind Gestalten wie z. B. der Würfel mit abgestumpften Ecken, Fig. 76 (Mod. 3), der durch sechs achteckige und durch acht dreieckige Flächen begrenzt wird, oder wie die gewöhnlichste Form des Bergkrystalls, Fig. 205 (Mod. 28), an welcher sich zwölf gleichschenklig dreieckige und sechs rectanguläre Flächen finden.

§. 33. Die einfachen Formen sind unter sich zunächst in der Beziehung verschieden, dass das Symmetriegesetz, wie die Flächen an ihnen geordnet sind, verschieden sein kann. So erlaubt die Symmetrie der Raumbegrenzung bei dem Regulär-Oktaëder,

Fig. 73 (Mod. 1), ihm eine solche Stellung zu geben, dass der Krystall oben und unten ausgebildet ist, wie neben links und rechts, und wie vorn und hinten; man braucht nur den Krystall so zu stellen, dass ein Eck oben, eins vorn, eins rechts steht, so findet dies Statt. Die doppelte quadratische Pyramide, Fig. 361 (Mod. 20), welche durch acht gleichschenklige Dreiecke begrenzt wird und wo die sechs Ecken nicht sämmtlich gleichartig sind, kann unmöglich in eine solche Stellung gebracht werden, wohl aber kann man sie so stellen, dass sie nach links und rechts so ausgebildet erscheint wie nach vorn und hinten, aber anders ausgebildet nach oben und unten. — Weiter sind die einfachen Formen verschieden nach der Anzahl, der Gestalt und der Neigung der sie begrenzenden Flächen. Das Regulär-Oktaëder und den Würfel kann man so stellen, dass jede dieser Formen nach oben und unten ebenso ausgebildet ist, wie nach links und rechts und wie nach vorn und hinten, aber das erstere ist begrenzt durch acht gleichseitige Dreiecke, welche in einem stumpfen Winkel in den Kanten zu einander geneigt sind, der letztere durch sechs quadratische unter rechten Winkeln zu einander geneigte Flächen.

§. 34. Einfache Formen haben gleichnamige Flächen; die Flächen sind also an einer einfachen Form alle gleich, aber die Kanten und die Ecken sind es keineswegs an allen. Es giebt einfache Formen, wo auch die Kanten und die Ecken alle gleich sind, so z. B. der Würfel Fig. 77 (Mod. 2) und das Regulär-Oktaëder Fig. 73 (Mod. 1). An anderen sind die Kanten alle gleich, aber verschiedene Ecken kommen an ihnen vor; so an dem durch zwölf rhombische Flächen begrenzten Rhomben-Dodekaëder, Fig. 80 (Mod. 6), welches sechs vierflächige und acht dreiflächige Ecken hat. An noch anderen zeigen sich sowohl verschiedene Kanten als auch verschiedene Ecken; an der doppelten quadratischen Pyramide, Fig. 361 (Mod. 20), sind die vier Ecken an der Basis verschieden von den zwei Ecken in den Spitzen, und die vier Kanten an der Basis verschieden von den acht Kanten, welche von der Basis zu den Spitzen hinführen. — Also nicht bloss der Begriff „regelmässige Krystallform“ überhaupt ist verschieden von dem, was in der Stereometrie als „regelmässiger Körper“

bezeichnet wird (vergl. §. 2), sondern auch der Begriff einer einfachen Form.

§. 35. Man kann eine jede zusammengesetzte Form oder Combination auf mehrere einfache Formen zurückführen, indem man sich die einen oder die anderen gleichnamigen Flächen bis zum Verschwinden der anderen vergrössert denkt. Denkt man sich z. B. in der Combination Fig. 76 (Mod. 3; dem Würfel mit abgestumpften Ecken) die sechs achteckigen Flächen wachsend, bis sie den Raum vollständig begrenzen, so ergiebt sich die einfache Gestalt eines Würfels; denkt man sich hingegen die acht dreieckigen Flächen bis zur vollständigen Raumbegrenzung vergrössert, so bilden diese ein Regulär-Oktaëder. Denkt man sich an der gewöhnlichsten Form des Bergkrystalls, Fig. 205 (Mod. 28), die zwölf dreieckigen Flächen vergrössert, so werden diese zu einer vollständigen doppelten sechsseitigen Pyramide; denkt man sich die sechs rectangulären Flächen vergrössert, so geht jene Form über in eine regelmässig sechsseitige Säule von unbestimmter Länge.

Die verschiedenen Flächen, welche sich an einer Combination vorfinden, gehören also verschiedenen einfachen Formen an; man kann sich eine Combination denken als den Raum, welcher innerhalb mehrerer über denselben Mittelpunkt construirter einfacher Formen in ihnen allen enthalten ist. In Fig. 13 und 14 ist ein Würfel und ein Regulär-Oktaëder (in den zwei Figuren in verschiedenem Grössenverhältniss), nur den vorderen Kanten nach, dargestellt, welche denselben Mittelpunkt haben; derjenige Theil des Raumes erscheint nun als Combination dieser einfachen Gestalten, welcher zugleich in dem Würfel und in dem Oktaëder enthalten ist; die Begrenzung dieses Raumes, die Combination, ist in diesen Figuren schattirt und durch stärkere Linien hervorgehoben. In diesen Combinationen sieht man so viel von dem Würfel, als von seinem Inhalt gewissermassen auch Inhalt des Oktaëders ist; so viel von dem Oktaëder, als von seinem Inhalt auch Inhalt des Würfels ist. Die Oktaëderecken zeigen sich nicht an den Combinationen, weil sie ausserhalb der Raumbegrenzung des Würfels liegen; die Würfelecken erscheinen nicht daran, weil sie ausserhalb der Raumbegrenzung des Oktaëders liegen.

§. 36. Man sagt, dass die Flächen einer einfachen Form in einer Combination vorherrschen, wenn diese Flächen die grösseren sind und wenn das ganze Aussehen, der Habitus, des Krystalls mehr an diese einfache Form erinnert; man nennt die Flächen einer einfachen Form untergeordnet, wenn sie nur klein sich zeigen und nicht den Habitus bestimmen. So hat die Combination Fig. 13 (für sich Fig. 74 und Mod. 5 dargestellt) den Habitus eines Octaëders, an welchem nur die Ecken, und zwar durch Flächen eines Würfels, abgestumpft sind; hier sind also die Oktaëderflächen vorherrschend, die Würfelflächen untergeordnet. Umgekehrt tritt in Fig. 14 (für sich Fig. 76 und Mod. 3 dargestellt) die Gestalt eines Würfels mehr hervor, und seine Flächen sind die vorherrschenden, die Oktaëderflächen die untergeordneten. Herrscht keine der einfachen Formen an einer Combination vor, so sagt man, dass sie im Gleichgewicht daran auftreten, oder dass die Combination ein Mittelkrystall zwischen den verschiedenen einfachen Formen ist. Denkt man sich z. B. in Fig. 13 (oder Fig. 74, Mod. 5) die (quadratischen) Würfelflächen vorherrschend werdend (etwa durch Abschneiden von dem Krystall in paralleler Richtung mit ihnen), bis sie sich eben mit den Ecken berühren, oder in Fig. 14 (oder Fig. 76, Mod. 3) die Oktaëderflächen ebenso weit vorherrschend werdend, so entsteht die Fig. 75 (Mod. 4) dargestellte Combination, an welcher Würfel und Oktaëder im Gleichgewicht auftreten, oder welche der Mittelkrystall zwischen diesen einfachen Formen ist.

§. 37. Die einfachen Formen, welche über einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt construirt sind und eine Combination bilden, treten mit um so grösseren Flächen oder um so vorherrschender in der Combination auf, um je näher ihre Flächen jenem Mittelpunkte liegen, oder um je kleiner die einfachen Formen selbst sind. Tritt z. B. ein Oktaëder mit einem Würfel in Combination, Fig. 13, so erscheinen die Ecken des Oktaëders um so unbedeutender abgestumpft, je grösser der Würfel ist, dessen Flächen die Abstumpfung hervorbringen. Denken wir uns das Fig. 13 gezeichnete Oktaëder sich mit einem grösseren Würfel combinirend, so würden die Flächen des letzteren noch näher an den Ecken des Oktaëders durch dasselbe hindurchgehen, also noch weniger von dem Raume des Oktaëders ab-

schneiden, eine noch unbeträchtlichere Abstumpfung hervorbringen.

Diejenige einfache Form, welche der Combination den allgemeinen Habitus giebt oder deren Flächen vorherrschen, nennt man die Grundform, die untergeordnet auftretenden Formen abändernde Formen, ihre Flächen Abänderungsflächen. Man unterscheidet von den Kanten und den Ecken der Grundform, die also durch gleichnamige Flächen gebildet werden, die Combinationskanten und die Combinationsecken, in welchen ungleichnamige Flächen zusammentreffen.

Beschreibung der Combinationen.

§. 38. Jede Combination wird bezeichnet durch die Namen oder die (später zu erläuternden) krystallographischen Formeln der sie bildenden einfachen Formen, und zwar wird immer der Namen oder die Formel der vorherrschenderen Form zuerst gesetzt, und die der anderen in der Reihe, wie sie untergeordneter auftreten. Man nennt eine Combination zwei-, drei-, vier.... zählig, je nachdem zwei, drei, vier.... einfache Formen an ihr auftreten, d. h. je nachdem sie zweierlei, dreierlei u. s. f. Flächen hat. Beschrieben wird eine Combination, indem man angiebt, die Flächen welcher Form die vorherrschenden sind, welches also die Grundform ist, und wie die untergeordnet auftretenden Formen diese Grundform abändern. Als Grundform kann man eine einfache Form oder eine leicht zu übersehende Combination nehmen.

§. 39. Wenn eine Kante der Grundform durch eine Fläche ersetzt ist, deren Combinationskanten parallel sind, so sagt man, jene Kante sei abgestumpft. Die Abstumpfung heisst eine gerade, wenn die abstumpfende Fläche zu den Flächen der Grundform, die in der abgestumpften Kante zusammengetroffen wären, unter demselben Winkel geneigt ist; eine schiefe, wenn dies nicht der Fall ist. Fig. 82 (Mod. 8) zeigt einen Würfel mit gerade abgestumpften Kanten (jede Abstumpfungsfläche ist gegen die zwei anliegenden Würfelflächen unter demselben Winkel geneigt); Fig. 157 (Mod. 18) einen Würfel mit schief abgestumpften Kanten (jede Abstumpfungs-

fläche ist gegen die eine der anstossenden Würfelflächen unter einem stumpferen Winkel geneigt, als gegen die andere).

Wenn ein Eck der Grundform durch eine Fläche ersetzt ist, so heisst es gleichfalls abgestumpft, und zwar gerade abgestumpft, wenn die Abstumpfungsfläche zu den im Eck zusammenstossenden Flächen unter demselben Winkel geneigt ist; schief, wenn dies nicht der Fall ist. Fig. 74 (Mod. 5) zeigt ein Oktaëder mit gerade abgestumpften Ecken. Fig. 312 a zeigt ein schiefes rhombisches Prisma, wo das Eck oben rechts durch die Fläche $+ P\infty$ schief abgestumpft ist; es ist diese zu der Fläche $0P$ unter einem anderen Winkel geneigt, als zu der Fläche ∞P.

Wenn ein Eck schief abgestumpft ist, so untersucht man, ob vielleicht die Abstumpfungsfläche auf eine Kante oder eine Fläche gerade aufgesetzt ist. Man sagt, die Abstumpfungsfläche eines Ecks sei gerade aufgesetzt auf eine Kante, wenn sie zu den zwei diese Kante bildenden Flächen unter demselben Winkel geneigt ist; schief im entgegengesetzten Falle. In Fig. 312 a ist die Abstumpfungsfläche $+ P\infty$ rechts oben gerade aufgesetzt auf die Prismakante rechts, schief aufgesetzt auf die Kante zwischen $0P$ oben und ∞P vorn rechts. — Die Abstumpfungsfläche eines Ecks heisst gerade aufgesetzt auf eine Fläche, wenn die ebenen Winkel auf dieser Fläche an der Combinationskante gleich sind; in der eben angeführten Form ist die Abstumpfungsfläche $+ P\infty$ rechts oben gerade aufgesetzt auf die Fläche $0P$ oben, aber schief aufgesetzt auf die Fläche ∞P rechts vorn.

Eine Kante heisst zugeschärft, wenn an der Stelle §. 40. dieser Kante sich zwei gleichnamige Abänderungsflächen befinden, deren Combinationskanten parallel sind. So zeigt Fig. 96 einen Würfel mit zugeschärften Kanten.

Der Ausdruck Zuschärfung wird auch in Beziehung auf die Abänderung von Ecken gebraucht, wenn nämlich an der Stelle eines vierflächigen Ecks einer Grundform sich zwei Flächen befinden; diese Zuschärfungsflächen können dann auf zwei gegenüberliegende Kanten (Fig. 160 stellt ein Regulär-Oktaëder mit solchen zugeschärften Ecken dar) oder auf zwei gegenüberliegende Flächen gerade aufgesetzt sein.

§. 41. Ein Eck heisst zugespitzt, wenn an seiner Stelle ein anderes stumpferes vorhanden ist; die Zuspitzungsflächen können in derselben, oder in der doppelten, oder in der halben Anzahl vorhanden sein, als die der Flächen ist, welche das zugespitzte Eck bilden. An dem Würfel bilden je drei Flächen ein Eck; mit dreiflächig zugespitzten Ecken ist er in Fig. 91. mit sechsflächig zugespitzten in Fig. 100 dargestellt. Eine nicht seltene Form des Kalkspaths ist Fig. 233 abgebildet; sie hat oben und unten sechsflächige Ecken, die eine dreiflächige Zuspitzung, wie in Fig. 236, erleiden können.

§. 42. Bei prismatischen Krystallen, d. h. solchen, welche vorzugsweise in einer Richtung ausgedehnt sind, braucht man die Ausdrücke Zuspitzung und Zuschärfung auch, um zu beschreiben, wie sie an den Enden ausgebildet sind. Fig. 205 (Mod. 28) stellt ein sechsseitiges Prisma dar, welches an jedem Ende durch sechs gleichschenklig dreieckige Flächen, die auf die Prismaflächen gerade aufgesetzt sind, zugespitzt ist; Fig. 192 (Mod. 24) ein quadratisches Prisma, welches durch rhombische Flächen, die auf die Prismakanten gerade aufgesetzt sind, zugespitzt ist; Fig. 277 ein rhombisches Prisma, welches durch dreieckige Flächen, die auf die schärferen Prismakanten gerade aufgesetzt sind, zugeschärft ist.

Geschlossene und ungeschlossene einfache Formen.

§. 43. Die einfachen Formen sind theils geschlossene, theils ungeschlossene Formen. Geschlossene Formen nennt man diejenigen, deren Flächen bei hinlänglicher Ausdehnung eine vollständige Begrenzung des Raumes hervorbringen; ungeschlossene diejenigen, bei welchen dies nicht der Fall ist. Das Regulär-Oktaëder, Fig. 73 (Mod. 1), ist eine geschlossene Form; die quadratischen Flächen in Fig. 75 (Mod. 4) gehören gleichfalls einer geschlossenen Form an, denn genugsam vergrössert bilden sie einen Würfel, eine Form, die den Raum vollständig begrenzt. Die zwölf dreieckigen Flächen an der gewöhnlichsten Form des Bergkrystalls, Fig. 205 (Mod. 28), gehören gleichfalls einer geschlossenen Form an, hingegen die sechs rectangulären an derselben nicht, denn noch so sehr vergrössert geben sie nur ein oben und unten unbegrenztes sechsseitiges Prisma.

Ebenso bilden die zwei sechseckigen Flächen oben und unten in Fig. 212 eine ungeschlossene Form. An vollständig ausgebildeten Krystallen findet sich natürlich nie eine ungeschlossene Form allein, sondern entweder ungeschlossene mit geschlossenen (so Fig. 205, Mod. 28), oder mehrere ungeschlossene unter sich (so Fig. 63, Mod. 49 oder 52) combinirt.

Axen.

§. 44. An allen Krystallen (mit wenigen Ausnahmen, die wir unten als Fälle von Hemiëdrie werden kennen lernen) findet sich für jede Fläche, Kante oder Eck an der einen Seite oder dem einen Ende des Krystalls eine ganz gleiche an der entgegengesetzten Seite oder Ende. Wenn man solche entsprechende Stellen an einem Krystall sich durch Linien verbunden denkt, so durchkreuzen sich alle diese Linien in einem Punkte, welcher der Mittelpunkt des Krystalls genannt wird. Linien, die durch diesen Mittelpunkt gehen und in Beziehung auf welche die Flächen des Krystalls symmetrisch geordnet liegen, werden Axen genannt; Axen sind also überhaupt Richtungen, nach welchen der Krystall symmetrisch ausgebildet ist.

Je nachdem eine Axe die Mittelpunkte zweier gegenüberliegender Flächen oder zweier gegenüberliegender gleichflächiger Kanten oder zwei gegenüberliegende gleichflächige Ecken verbindet, nennt man sie Flächen-, Kanten- oder Eckenaxe. Meistens endigt jede Axe nach beiden Seiten hin an gleichen Stellen des Krystalls; nur in den eben angedeuteten selteneren Fällen findet dies nicht statt, und kann z. B. eine Axe mit dem einen Ende in einer Fläche, mit dem anderen in einem Eck ausmünden, wie z. B. bei dem Tetraëder (einer gleichseitig dreieckigen Pyramide) Fig. 134 (Mod. 13).

§. 45. Gleichartige Axen münden an gleichen Stellen eines Krystalls; ungleichartige an ungleichen. Jede einfache Form hat nur gleichnamige Flächen, also sind die Flächenaxen jeder einfachen Form gleichartig. Auch die Kanten- und Eckenaxen einzelner einfacher Formen sind gleichartig, z. B. die des Regulär-Oktaëders, Fig. 73 (Mod. 1), und die des Würfels, Fig. 77 (Mod. 2). Aber da eine einfache Form verschiedene Kanten und Ecken haben kann (vgl. §. 34), so kann sie auch ungleichartige Kanten- und Eckenaxen haben. So hat die

doppelte quadratische Pyramide (Fig. 361, Mod. 20) zweierlei Arten von Kanten (vier unter sich gleiche an der Basis, und acht andere, aber unter sich gleiche, welche die Basis mit den Spitzen verbinden) und somit auch zweierlei Kantenaxen, zwei unter sich gleichartige, und vier von diesen verschiedene aber unter sich wiederum gleichartige; dieselbe Krystallform hat zweierlei Ecken, vier unter sich gleiche an der Basis und zwei unter sich gleiche an den Spitzen, und also auch zweierlei Eckenaxen, zwei unter sich gleichartige und eine davon verschiedene.

Vielaxige und einaxige Formen.

§. 46. Es giebt einfache Krystallformen, in welchen man keine einzige Axe legen kann, für welche sich nicht noch andere ganz gleichartige Axen legen liessen. So hat das Regulär-Oktaëder, Fig. 73 (Mod. 1), vier gleichartige Flächenaxen, drei gleichartige Eckenaxen, sechs gleichartige Kantenaxen. Man nennt solche Formen vielaxige Formen, oder sagt, dass sie keine einzelne Axe haben, d. h. keine einzige in ihrer Art, keine solche, für die man nicht noch eine oder mehrere gleichartige legen könnte. Die Formen im Gegentheil, wo dies nicht der Fall ist, nennt man einaxige Formen, und zwar unterscheidet man einaxige Formen mit absoluter Hauptaxe als solche, wo nur Eine einzelne Axe vorhanden ist, von denen mit relativer Hauptaxe, welche mehrere einzelne Axen haben. Die doppelte quadratische Pyramide, Fig. 361 (Mod. 20), hat nur Eine einzelne Axe, welche die Spitzen der Pyramiden verbindet, und ist also eine einaxige Form mit absoluter Hauptaxe; die doppelte Pyramide mit rhombischer Basis, Fig. 250 (Mod. 36), hingegen hat drei verschiedene einzelne Axen, die drei Eckenaxen (die sechs Ecken dieses Körpers sind nämlich dreierlei Art, nur je zwei gegenüberstehende sind sich gleich), und ist also eine einaxige Form mit relativer Hauptaxe.

§. 47. Bei der Betrachtung und Beschreibung der Krystallformen stellt man diese immer so, dass eine Axe im Allgemeinen in der Richtung von oben nach unten steht, und nennt diese die Hauptaxe, andere Axen aber Nebenaxen. Bei vielaxigen Formen kann man eine oder die andere der gleichartigen Axen

als Hauptaxe nehmen, ohne dass dies in der Betrachtung einen Unterschied macht (man kann z. B. bei dem Regulär-Oktaëder, Fig. 73, Mod. 1, ein Eck oben hin und ein anderes nach vorn oder ein anderes Eck oben hin und ein anderes nach vorn stellen, ohne dass der Krystall anders erscheint). Bei den einaxigen Formen mit absoluter Hauptaxe nimmt man immer die eine einzelne Axe in ihnen zur Hauptaxe. Bei den einaxigen Formen mit relativer Hauptaxe nimmt man eine der einzelnen; welche zur Hauptaxe genommen wird, richtet sich nach Betrachtungen, die uns später beschäftigen werden; man nimmt z. B. gern die, in deren Richtung der Krystall vorzugsweise in die Länge ausgebildet ist.

Bei den vielaxigen Formen sind die Nebenaxen von den Hauptaxen nicht verschieden, also auch nicht die Ecken und Kanten an den Nebenaxen von denen an der Hauptaxe. Bei den einaxigen Formen findet hingegen eine solche Verschiedenheit statt, und man unterscheidet hier Endecken und Endkanten als solche, die in oder an der Hauptaxe liegen, von den übrigen als Seitenecken und Seitenkanten.

Bezeichnung der einfachen Formen.

§. 48. Man bedient sich der Axen, um die Lage der Flächen an einer einfachen Form anzugeben und um diese einfache Form selbst zu bezeichnen; man giebt zu dem Ende an, in welcher Richtung jede Fläche der einfachen Form gegen Axen liegt, die man in bestimmter Lage annimmt. Nehmen wir z. B. drei auf einander rechtwinklig stehende Axen an, so muss jede Fläche eines Krystalls, dessen Mittelpunkt mit dem Durchkreuzungspunkte dieser Axen zusammenfällt, gehörig vergrössert wenigstens eine der Axen schneiden, und die Lage dieser Fläche im Raume ist also bestimmt durch die Angabe, in welchen Entfernungen vom Mittelpunkte diese Fläche gehörig vergrössert die drei Axen schneiden würde. Man erhält so einen Ausdruck für die Lage einer Fläche; da aber alle Flächen einer einfachen Form gleich sind, dieselbe Lage gegen die Axen haben, so lässt sich dieser Ausdruck auch auf die ganze einfache Form beziehen.

§. 49. Denken wir uns z. B. drei auf einander rechtwinklige Axen, und Flächen in der Art um den Mittelpunkt derselben

gelegt, dass eine jede Fläche die drei Axen gleichweit vom Mittelpunkte schneidet, so ergiebt dies ein Regulär-Oktaëder. Fig. 73 (Mod. 1). Nennen wir den Abstand, in welchem eine Axe von einer Fläche geschnitten wird, a, so schneidet diese Fläche die drei Axen in dem Verhältniss $a:a:a$, d. h. alle gleichweit vom Mittelpunkte. Dieser Ausdruck $a:a:a$ gilt nun für jede Fläche, und wird auch als Zeichen für das Gesammtresultat aller Flächen, für das Regulär-Oktaëder selbst, gebraucht.

Liegt eine andere Fläche in der Richtung gegen die drei Axen, dass sie gehörig vergrössert zwei Axen in gleichem Abstande vom Mittelpunkte und die dritte in einem noch einmal so grossen Abstande schneiden würde, so bezeichnet man dies durch die Formel $a:a:2a$, und braucht auch diese Formel für die einfache Form, deren Flächen alle gegen die drei Axen eine solche Lage haben.

Wenn eine Fläche mit einer Axe parallel geht, so schneidet diese Fläche die Axe in keiner endlichen Entfernung; man drückt dies so aus, dass man schreibt: sie schneidet sie erst unendlich weit von dem Mittelpunkte entfernt, in der Distanz ∞a. So ist die Lage jeder Würfelfläche in Beziehung auf drei sich rechtwinklig kreuzende Axen durch die Formel $a:\infty a:\infty a$ gegeben; d. h. jede Würfelfläche schneidet eine dieser Axen in irgend einem Abstande a von dem Mittelpunkte, und die zwei anderen Axen erst in einem ∞ (unendlich) mal so grossen Abstande, das soll heissen, sie geht mit diesen zwei anderen Axen parallel. Diese Formel $a:\infty a:\infty a$ wird nun auch wieder nicht bloss für jede Würfelfläche, sondern auch als Zeichen für den Würfel selbst gebraucht. Man kann diese Formeln noch mehr abkürzen, was später ausführlicher besprochen werden wird.

Zonen.

§. 50. Von allen Flächen, welche an einem Krystall mit einer und derselben Axe parallel gehen, sagt man, dass sie zusammen eine Zone bilden oder in einer Zone liegen, und die Axe, mit welcher sie sämmtlich parallel gehen, nennt man die Zonenaxe. So bilden je vier Flächen des Würfels, Fig. 77 (Mod. 2).

eine Zone in Beziehung auf eine Flächenaxe als Zonenaxe; so je vier Flächen des Regulär-Oktaëders, Fig. 73 (Mod. 1), eine Zone in Beziehung auf eine Kantenaxe als Zonenaxe. Flächen, welche zusammen eine Zone bilden, schneiden sich in Kanten, die unter sich und mit der Zonenaxe parallel sind; einzelne Flächen einer Zone können übrigens auch von einander durch Flächen, die nicht zu der Zone gehören, getrennt sein.

Holoëdrische und hemiëdrische Formen.

§. 51. Eine einfache Form, welche durch so viel Flächen begrenzt ist, als man nur immer nach gewissen Richtungen hin um den Mittelpunkt eines Axensystems herumlegen kann, nennt man eine holoëdrische (vollzählig ausgebildete) Form. So kann man um drei sich rechtwinklig kreuzende Axen höchstens acht Flächen legen, deren jede alle drei Axen gleichweit vom Mittelpunkte schneidet; die so entstehende Form, das Regulär-Oktaëder (Fig. 73, Mod. 1), ist eine holoëdrische. Man kann aber auch nur vier solcher Flächen legen, und erhält doch bei genügender Ausdehnung derselben eine vollständige Raumbegrenzung, das Fig. 134 (Mod. 13) dargestellte Tetraëder (einen von vier gleichseitigen Dreiecken begrenzten Körper). Eine solche Form, an der nur halb so viel Flächen sich zeigen, als man nach der Lage jeder Fläche gegen die Axen um den Mittelpunkt des Axensystems herumlegen könnte, nennt man eine hemiëdrische (halbzählig ausgebildete) Form, und unterscheidet in ähnlicher Weise auch noch tetartoëdrische (viertelzählig ausgebildete) Formen. Ein klarer Begriff über das Wesen der Hemiëdrie lässt sich erst bei der ausführlicheren Betrachtung dahingehöriger Formen und ihrer Entstehung erlangen, und es mag deshalb die weitere Besprechung derselben bis dahin (§. 100 ff.) verschoben bleiben.

Einfache Krystalle; Zwillingskrystalle.

§. 52. Ein holoëdrischer Krystall, dessen Flächen sämmtlich in Beziehung auf ein bestimmtes Axensystem symmetrisch geordnet sind, heisst ein einfacher Krystall (dieser Ausdruck ist

nicht zu verwechseln mit dem „einfache Form“; vgl. §. 32). Manchmal aber finden sich auch Krystalle, an welchen entgegengesetzte Seiten in Beziehung auf verschieden stehende Axensysteme symmetrisch ausgebildet sind; sie sind als zwei in verdrehter Stellung zusammengewachsene einfache Krystalle zu betrachten, und werden Zwillingskrystalle genannt, wenn diese Verwachsung mit einer gewissen Regelmässigkeit, nach bestimmtem Gesetz, erfolgt ist. Auch die ausführlichere Betrachtung der Zwillingskrystalle knüpft sich besser an die specielle Untersuchung einzelner dahin gehöriger Fälle (vgl. §. 92 ff.), ebenso wie die Betrachtung, dass hemiëdrische Formen Zwillingskrystalle bilden können, wo alle vorhandenen Flächen doch in Beziehung auf ein und dasselbe Axensystem symmetrisch liegen (vgl. §. 121).

Krystallsysteme.

§. 53. Die Zahl der in der Natur vorkommenden Krystallformen ist sehr gross und eine Eintheilung derselben nothwendig. Man stützt sich dabei auf die Art der Ausbildung der Krystallformen im Allgemeinen.

Man unterscheidet z. B. Formen, die nach drei auf einander rechtwinklig stehenden Richtungen ganz gleichartig ausgebildet sind (wie den Würfel, Fig. 77, Mod. 2), von solchen, die nach zwei auf einander rechtwinklig stehenden Richtungen gleich, nach einer auf den beiden vorhergehenden rechtwinklig stehenden Richtung aber ungleich ausgebildet sind (wie z. B. die quadratische Säule mit zugespitzten Enden, Fig. 175, Mod. 23). oder Formen, die nach drei zu einander rechtwinkligen Richtungen ausgebildet sind (Fig. 253, Mod. 38), von solchen, die nach Richtungen ausgebildet sind, welche einen oder mehrere schiefe Winkel unter sich machen (wie Fig. 296, Mod. 46).

Die Untersuchung, wie die verschiedenen Formen nach bestimmten Richtungen hin ausgebildet sind, giebt also einen Anhaltspunkt ab zur Eintheilung derselben; diese Untersuchung wird noch wichtiger dadurch, dass nur solche einfache Formen mit einander in Combination treten können, welche nach denselben Richtungen in entsprechender Weise ausgebildet sind.

Man beobachtet nämlich in der Natur, dass gleiche Stellen einer einfachen Form durch die Flächen einer anderen in gleicher Weise abgeändert werden (mit seltenen und doch auch grosse Regelmässigkeit zulassenden Ausnahmen, die wir unten bei den hemiëdrischen Formen kennen lernen), und dies kann nur der Fall sein, wenn die Grundform und die abändernde Form nach gleichen Symmetriegesetzen gestaltet sind. Der Würfel, Fig. 77 (Mod. 2), kann sich z. B. mit dem Regulär-Oktaëder, Fig. 73 (Mod. 1), combiniren, denn beide Körper sind insofern nach demselben Symmetriegesetz ausgebildet, als man jeden derselben so stellen kann, dass er oben und unten, rechts und links, vorn und hinten in gleicher Weise ausgebildet ist; es können deshalb gleiche Stellen der einen Form gleiche Stellen an der anderen auf dieselbe Art verändern; jede Würfelfläche findet ein Oktaëdereck vor, welches sie abstumpft, jede Oktaëderfläche ein Würfeleck (vgl. Fig. 13 und 14). Aber die doppelte quadratische Pyramide, Fig. 361 (Mod. 20), kann sich nicht mit der doppelten sechsseitigen Pyramide, Fig. 376 (Mod. 27), combiniren, denn man kann beiden Formen unmöglich eine solche Stellung zu einander geben, dass gleiche Stellen der einen Form an gleichen Stellen der anderen in gleicher Weise abändernd auftreten.

Die einfachen Formen lassen sich also in verschiedene Gruppen eintheilen, je nachdem sie nach bestimmten Richtungen hin unter Befolgung derselben Symmetriegesetze ausgebildet sind, und diese Eintheilung ordnet zugleich die möglichen Combinationen, da nur einfache Formen aus derselben Gruppe in Combination treten können. Man nennt jede solche Gruppe ein Krystallsystem, und versteht also darunter den Inbegriff aller einfachen Formen, die nach demselben Symmetriegesetze gestaltet und unter sich combinationsfähig sind, und aller Combinationen, die so entstehen können. Da man die Richtungen, nach welchen hin ein Krystall symmetrisch ausgebildet ist, als Axen bezeichnet (§. 44), so lässt sich auch ein Krystallsystem als der Inbegriff aller solcher Formen bezeichnen, welche gleiche Axen oder gleiches Axensystem haben; die Gleichheit des Axensystems wird hier bemessen nach der Zahl, nach der Neigung zu einander (ob rechtwinklig oder schief im Allgemeinen) und nach der Grösse (ob gleich gross oder nicht)

oder nach der Gleichartigkeit (ob alle oder mehrere Axen gleichartig sind, oder nicht) der Axen.

§. 54. Die vorkommenden Krystallgestalten ordnen sich in folgende Krystallsysteme:

Zuvörderst sind viele Krystallformen nach drei Richtungen hin symmetrisch ausgebildet, die zu einander rechtwinklig stehen. Alle diese Krystalle bezeichnet man als orthometrische im Allgemeinen.

Von diesen sind einige nach allen drei Richtungen gleich ausgebildet, und diese machen zusammen das reguläre Krystallsystem aus, dessen Namen anzeigt, dass die hierher gehörigen Formen den möglichst hohen Grad von Symmetrie besitzen; jede Form aus diesem Systeme hat drei Axen, die zu einander rechtwinklig stehen und gleichartig sind; jede Form dieses Systems kann man so stellen, dass sie oben und unten ausgebildet ist wie links und rechts und wie vorn und hinten, und dass diese drei Richtungen unter sich rechtwinklig sind. Beispiele dafür sind der Würfel, Fig. 77 (Mod. 2), das Regulär-Oktaëder, Fig. 73 (Mod. 1), u. a.

Andere sind nach zwei Richtungen gleich ausgebildet, nach der dritten anders; sie gehören in das quadratische System, welches ausgezeichnet ist durch drei zu einander rechtwinklig stehende Axen, wovon zwei gleichartig, die dritte (eine einzelne Axe; §. 46) davon verschieden ist. Alle Gestalten dieses Systems kann man so stellen, dass sie nach links und rechts ausgebildet sind wie nach vorn und hinten, aber anders nach oben und unten, und dass diese drei Richtungen rechtwinklig zu einander stehen. Fig. 361 (Mod. 20; die doppelte quadratische Pyramide), Fig. 175 (Mod. 23; eine quadratische Säule mit zugespitzten Enden) geben Beispiele ab; der Name dieses Systems ist darauf bezüglich, dass alle Durchschnitte rechtwinklig auf die einzelne Axe einer hierher gehörigen Gestalt Quadrate oder davon abzuleitende Figuren geben.

Noch andere sind nach allen drei Richtungen ungleich ausgebildet; sie sind die Gestalten des rhombischen Systems, welches charakterisirt ist durch drei zu einander rechtwinklige aber ungleichartige Axen. Alle Krystalle

dieses Systems erlauben eine Stellung, in welcher sie nach oben und unten anders ausgebildet sind als nach links und rechts, und wiederum anders nach vorn und hinten, und wo diese drei Richtungen rechtwinklig zu einander stehen. Ein Beispiel dafür ist Fig. 276 (Mod. 39), dessen drei rechtwinklige Axen in der gezeichneten Stellung nach oben in ein Eck, nach vorn in eine Fläche, nach links in eine Kante ausmünden. Der Name soll daran erinnern, dass alle Durchschnitte rechtwinklig auf eine Axe einer hierher gehörigen Form einen Rhombus oder eine davon abzuleitende Figur geben.

Andere Krystalle sind nach drei Richtungen ausgebildet, §. 55. welche unter einander einen oder mehrere schiefe Winkel machen; man bezeichnet sie als klinometrische Formen im Allgemeinen.

Einzelne davon sind nach drei Richtungen ungleich ausgebildet, von denen zwei unter sich einen rechten Winkel machen, die dritte mit der einen der vorhergehenden einen rechten, mit der anderen einen schiefen Winkel; sie gehören in das monoklinometrische System, ausgezeichnet also durch drei ungleichartige Axen, von denen zwei unter sich schiefwinklig und beide rechtwinklig gegen die dritte geneigt sind. Die Formen dieses Systems lassen sich so stellen, dass sie nach links und rechts anders ausgebildet sind, als nach oben und unten, und wiederum anders nach vorn und hinten, und dass die Richtung von vorn nach hinten rechtwinklig ist gegen die von links nach rechts und gegen die von oben nach unten, die von oben nach unten aber schief steht gegen die von links nach rechts. Ein Beispiel giebt Fig. 296 (Mod. 46).

Selten finden sich Formen, ungleich ausgebildet nach drei Axen, von denen zwei unter sich einen rechten Winkel machen, die dritte aber mit den beiden vorhergehenden zwei schiefe Winkel; diese Formen gehören in das diklinometrische System, welchem eigenthümlich sind drei ungleichartige Axen, von denen zwei unter sich rechtwinklig und beide schiefwinklig gegen die dritte geneigt sind (vgl. die Note zu §. 367).

Häufiger erscheinen Formen, die ungleich ausgebildet

sind nach drei Richtungen, welche unter einander nur schiefe Winkel machen; sie sind Gestalten aus dem triklinometrischen System, welches also drei ungleichartige Axen hat, die unter drei schiefen Winkeln zu einander geneigt sind. Fig. 65 (Mod. 55) giebt dafür ein Beispiel.

§. 56. Die Formen der vorhergehenden Systeme liessen sich alle betrachten als nach drei Richtungen ausgebildet; in der Natur finden sich aber auch Formen, wo die Flächen nicht wohl auf drei Richtungen bezogen werden können, sondern nach vier Richtungen hin symmetrisch vertheilt sind.

Diese Gestalten sind gleichartig ausgebildet nach drei Richtungen, die in Einer Ebene liegen und sich unter Winkeln von 60° kreuzen, und anders ausgebildet nach einer vierten Richtung, welche auf den drei vorhergehenden rechtwinklig steht; sie gehören in das hexagonale System, ausgezeichnet also durch vier Axen, von denen drei gleichartig sind und sich unter Winkeln von 60°, die vierte ungleichartige aber (eine einzelne Axe) unter einem rechten Winkel schneiden*). Beispiele geben Fig. 376 (Mod. 27) und Fig. 205 (Mod. 28). Der Name deutet an, dass jeder Schnitt senkrecht auf die einzelne Axe ein regelmässiges Sechseck oder eine davon abzuleitende Gestalt giebt.

§. 57. Das hexagonale System hat grosse Analogie mit dem quadratischen; die Gestalten aus beiden zeichnen sich durch Eine einzelne Axe aus; stellt man sie so, dass die einzelne Axe senkrecht steht, so sind die quadratischen wie die hexagonalen Formen an der Seite anders ausgebildet als oben und unten,

*) Der Anfänger wird sehr wohl thun, sich diese verschiedenen Axensysteme auszuführen (durch Stäbe oder Drähte, die man in der gehörigen Richtung in ein Stück Holz oder Kork einsteckt), und bei dem Studium eines jeden Krystallsystems möge er das zugehörige Axenkreuz stets vor sich haben. — Ungleichartige Axen zeichnen sich zunächst dadurch aus, dass sie an ungleichen Stellen eines Krystalls ausmünden oder dass der Krystall an ihren Enden ungleich ausgebildet ist; man deutet dies an einem Axenkreuze passend dadurch an, dass man den gleichartigen Axen eine gleiche, den ungleichartigen eine verschiedene Farbe giebt, ausserdem den ersteren gleiche, den letzteren verschiedene Längen, da ungleichartige Axen auch verschieden gross sind.

und zwar die quadratischen Formen an der Seite gleichartig nach zwei, die hexagonalen aber gleichartig nach drei horizontalen Richtungen hin. Das hexagonale System wird deshalb zweckmässig gleich nach dem quadratischen abgehandelt, und wir haben also in folgender Ordnung die Krystallsysteme durchzugehen (deren verschiedene Bezeichnungen in einigen anderen Schriften hier beigefügt werden mögen):

I. Das reguläre (tessulare, tessularische, isometrische, monometrische) System.

II. Das quadratische (tetragonale, pyramidale, monodimetrische, zwei- und einaxige, viergliedrige) System.

III. Das hexagonale (rhomboëdrische, monotrimetrische, drei- und einaxige, sechsgliedrige oder drei- und dreigliedrige, vgl. §. 227) System.

IV. Das rhombische (orthotype, holoëdrisch-rhombisch-trimetrische, zwei- und zweigliedrige, ein- und einaxige, isoklinische) System.

V. Das monoklinometrische (monoklinoëdrische, monoklinische, hemiorthotype, hemiëdrisch-rhombisch-trimetrische, zwei- und eingliedrige, klinorhombische, augitische) System.

VI. Das diklinometrische (diklinoëdrische, diklinische, hemianorthotype) System (vgl. die Note zu §. 367).

VII. Das triklinometrische (triklinoëdrische, triklinische, anorthotype, tetartoëdrisch-rhombisch-trimetrische, ein- und eingliedrige, klinorhomboidische) System.

Das erste System enthält die vielaxigen Formen, das zweite und dritte die einaxigen Formen mit absoluter Hauptaxe, die anderen die einaxigen Formen mit relativer Hauptaxe.

Reguläres System.

Holoëdrische Formen.

§. 58. Die zu diesem Systeme gehörenden Formen sind gleich ausgebildet nach drei zu einander rechtwinkligen Richtungen, oben und unten, links und rechts, vorn und hinten; wir geben den drei Axen die auf diese Art bestimmte Lage, zeichnen sie, wie §. 17 angegeben (Fig. 11), und bezeichnen sie durch *ou*, *lr*, *vh*. Der Raum um den Mittelpunkt des Axenkreuzes zerfällt in acht Abtheilungen, die man Oktanten nennt; einer derselben schliesst den Raum zwischen dem Mittelpunkte und *o*, *v*, *r* (oben, vorn und rechts) ein, ein anderer den Raum zwischen dem Mittelpunkte und *o*, *v*, *l* u. s. w. Welche Flächen zur Construction der holoëdrischen einfachen Formen an das Ende einer Axe oder in einen Oktanten gelegt werden, eben solche Flächen müssen auch, wenn man die Form vollständig ausgebildet haben will, an das Ende einer jeden anderen Axe und in jeden anderen Oktanten gelegt werden, da ja in diesem System die drei Axen gleichartig sind. Wir bezeichnen sie alle drei mit demselben Buchstaben, *a*.

§. 59. Jede Fläche, welche überhaupt gelegt werden oder vorkommen kann, muss nothwendig eine der folgenden Lagen gegen die Axen haben:

A. Entweder sie schneidet (es wird bei diesem Worte immer vorausgesetzt: bei gehöriger Vergrösserung) alle drei Axen in gleichem Abstande von dem Mittelpunkte; die Formel für eine solche Fläche ist (§. 49) $a:a:a$ (I).

B. Oder nur zwei Axen gleich weit, und die dritte in einem anderen Abstande. Es sind hier folgende Fälle möglich:
   a. Sie schneidet zwei Axen unendlich weit vom Mittelpunkte (d. h. sie geht mit ihnen parallel), und die dritte Axe in einem messbaren Abstande vom Mittelpunkte. Die Formel für eine solche Fläche ist $a : \infty a : \infty a$ (II).
   b. Oder zwei Axen in gleichem und messbarem Abstande vom Mittelpunkte, und die dritte Axe unendlich weit davon: $a : a : \infty a$ (III).
   c. Oder zwei Axen in gleichem und messbarem Abstande von dem Mittelpunkte, und die dritte Axe auch in messbarem, aber in kleinerem Abstande: $a : ma : ma$ (IV); wo (wie auch in dem Folgenden) m eine Zahl bedeutet, die grösser als 1 ist.
   d. Oder zwei Axen in gleichem und messbarem Abstande von dem Mittelpunkte, und die dritte Axe auch in messbarem, aber grösserem Abstande: $a : a : ma$ (V).

C. Oder alle drei Axen ungleich weit von dem Mittelpunkte; sie kann dann schneiden:
   a. Zwei Axen in verschiedenem, aber messbarem Abstande von dem Mittelpunkte, und die dritte Axe unendlich weit davon: $a : ma : \infty a$ (VI).
   b. Alle drei Axen in verschiedenem, aber messbarem Abstande vom Mittelpunkte: $a : na : ma$ (VII); wo n eine von m verschiedene, aber gleichfalls grössere Zahl als 1 bedeutet.

Diese Formeln bestimmen zunächst die Lage einer Fläche gegen die drei Axen, sie dienen aber auch zur Bezeichnung der einfachen Formen (§. 48 und 49). Da jede irgend denkbare Fläche gegen die drei Axen nothwendig in einer der angeführten Richtungen liegen muss, so muss sie auch einer der durch obige Formeln bezeichneten einfachen Formen angehören, d. h. ausser diesen sieben einfachen Formen ist in dem regulären Krystallsystem keine andere holoëdrische möglich.

Wir wollen nun zu der Betrachtung übergehen, wie die einfachen Formen gestaltet sind, deren Flächen nach den in dem Vorstehenden besprochenen Richtungen zu den drei Axen liegen, und welche Combinationen sie unter sich bilden.

§. 60. Wie die Krystallgestalt aussieht, für welche die Formel $a:a:a$ gilt, d. h. deren Flächen die drei Axen gleichweit vom Mittelpunkte schneiden, ergiebt sich leicht. Man kann in jeden Oktanten (§. 58) Eine solche Fläche legen, also im Ganzen acht; diese Flächen kommen zum Durchschnitt in Kanten, welche von einer Axe zu der anderen hingehen. Um die so entstehende Figur zu zeichnen, sticht man auf einem Axenkreuze (vgl. §. 17, Fig. 11) Punkte ab, welche alle in Wirklichkeit gleichweit von dem Mittelpunkte abstehen, und verbindet diese Punkte durch Linien. So erhält man gezeichnet das

Regulär-Oktaëder (Fig. 73, Mod. 1)

oder Oktaëder (Achtflächner) geradezu, wenn nur von Formen des regulären Systems die Rede ist. Das Oktaëder ist begrenzt durch 8 gleichseitige Dreiecke; es hat 12 gleiche Kanten und 6 gleiche vierflächige Ecken. Jede der drei Axen verbindet zwei gegenüberstehende Ecken; alle Ecken an Formen des regulären Systems, durch welche die Axen hindurchgehen, nennt man, hieran erinnernd, oktaëdrische Ecken; wo sich also oktaëdrische Ecken vorfinden, müssen sechs derselben vorhanden sein.

Zwei in einer Kante zusammenstossende Flächen sind unter einem Winkel von 109°28′ zu einander geneigt, zwei in einem Eck zusammenstossende gegenüberliegende unter einem Winkel von 70°32′; zwei in einem Eck zusammenstossende gegenüberliegende Kanten unter einem Winkel von 90°.

Das krystallographische Zeichen des Oktaëders $a:a:a$ schreibt man abgekürzt *O*. Bei der Betrachtung ist es also so zu stellen, dass ein Eck vorn gegen den Beobachter zu, ein Eck oben u. s. f. erscheint (Verwechselungen des Regulär-Oktaëders mit anderen Krystallformen werden §. 103, 138, 213, 249, 268, 319 besprochen).

Oktaëderform zeigen gewöhnlicher Alaun oder Chromalaun, Salmiak aus reiner wässeriger, Chlornatrium aus harnstoffhaltiger Lösung krystallisirt, Kaliumplatinchlorid, Kupferoxydul (Rothkupfererz), Eisenoxydoxydul (Magneteisenstein) u. a.

§. 61. Die einfache Form, für welche das Zeichen $a:\infty a:\infty a$ gilt, d. h. an welcher jede Fläche eine Axe in einem bestimmten Abstande vom Mittelpunkte schneidet und mit den zwei

anderen Axen parallel geht, muss sechs Flächen haben, denn an jedem der sechs Axen-Endpunkte lässt sich eine Fläche von der angegebenen Lage legen. Das sonstige Aussehen dieser einfachen Form lernt man durch folgende Betrachtung kennen.

Man construirt (Fig. 15) ein Axenkreuz, und markirt an demselben Punkte, die in Wirklichkeit gleichweit von dem Mittelpunkte abstehen: *v*, *h*, *l*, *r*, *o*, *u*. Durch den Punkt *o* ist nun eine Fläche zu legen, die parallel mit den Axen *lr* und *vh* ist; man deutet dieses an durch zwei durch *o* gehende Linien, deren eine *ab* parallel mit *lr*, die andere *df* parallel mit *vh* ist. Ebenso hat man durch *v* eine Fläche zu legen parallel *ou* und *lr*, und deutet diese an durch zwei Linien: *gi* parallel mit *ou*, und *km* parallel mit *lr*. So haben wir die Lage zweier Flächen angedeutet, die wir als die oben und die vorn unterscheiden können; beide schneiden sich, und zwar in dem Punkte *n*, wo die Linie *fd* der Fläche oben sich mit der Linie *ig* der Fläche vorn kreuzt; diese zwei Linien liegen nämlich in einer Ebene (der der Axen *ou* und *vh*) und müssen sich schneiden. Die Kante, welche durch das Schneiden der Fläche oben und der Fläche vorn gebildet wird, muss aber parallel der Axe *lr* sein, da ja beide Flächen dieser Axe parallel sind. Man erhält also die Lage dieser Kante, indem man durch den Punkt *n* eine Linie zieht parallel mit *lr*, und hat jetzt die Begrenzung der Fläche oben nach vorn zu, und die der Fläche vorn nach oben zu gefunden.

Die Fläche vorn erstreckt sich nach rechts hin bis da, wo sie von der Fläche rechts getroffen wird, d. h. von derjenigen, die durch *r* parallel mit *ou* und *vh* zu legen ist; sie erstreckt sich also bis da, wo die Linie *km* von einer Linie *pq* getroffen wird, die durch *r* parallel mit *vh* gelegt ist; durch den Schneidungspunkt dieser beiden Linien geht also eine Kante des zu construirenden Körpers, und zwar parallel mit der Axe, welcher die Flächen vorn und rechts parallel sind, d. i. der Axe *ou*. — Die Fläche rechts wird nach oben hin begrenzt durch die Fläche oben; beide gehen parallel mit der Axe *vh* und bilden parallel dieser Axe eine Kante, welche durch den Punkt geht, wo sich die Linien *ab* und *st* schneiden.

Die drei bis jetzt construirten Kanten bilden ein dreiflächiges Eck; verfährt man auf die angegebene Weise rings

um das Axenkreuz herum (und der Anfänger wird wohl thun, dies auszuführen, mit steter Betrachtung an einem wirklichen Axenkreuze), so findet man als Endresultat eine Form wie Fig. 77, oder: dass Flächen, deren jede eine Axe schneidet und mit den zwei anderen parallel geht, einen Würfel begrenzen.

Man sieht leicht ein, dass man einen Würfel über einen gegebenen Mittelpunkt zeichnen kann, ohne alle Kanten desselben in der angegebenen Weise zu construiren; die vordere Fläche eines Würfels liegt in der Richtung von oben nach unten und von links nach rechts, erscheint mithin auch in unserer perspectivischen Zeichnung als ein Quadrat (§. 16); die Kanten, die von vorn nach hinten gehen, erscheinen $^1/_3$ so gross als die von links nach rechts, und unter dem Uebereinkunftswinkel (§. 10) gegen diese geneigt; das Eck des Würfels, welches oben vorn links ist, liegt endlich von der Hülfslinie *gi* eben so weit nach links entfernt, als das (in der Fig. 15 allein fertig gezeichnete) Eck oben vorn rechts nach rechts. So braucht man also nur die Lage Eines Ecks in der perspectivischen Zeichnung genau zu bestimmen, und kann von diesem aus die ganze Figur zeichnen.

§. 62. Der Würfel oder das Hexaëder (Sechsflächner) (Fig. 77. Mod. 2) hat sechs quadratische Flächen, zwölf gleiche Kanten und acht gleiche dreiflächige Ecken. Die Axen verbinden die Mittelpunkte je zweier paralleler Flächen; man hat also den Würfel bei der krystallographischen Betrachtung so zu stellen, dass eine Fläche vorn gegen den Beobachter zu, eine oben u. s. f. liegt. Die Flächen machen in den Kanten Winkel von 90°.

Von den acht Ecken des Würfels liegt jedes in einem Oktanten des Axenkreuzes, gleichweit von drei Axen abstehend. Man nennt hieran erinnernd alle an einer regulären einfachen Krystallform vorkommenden Ecken, die eine solche Lage haben, hexaëdrische Ecken; an jeder holoëdrischen Form, die dergleichen hat, sind acht derselben vorhanden.

Die weitläufigere krystallographische Formel für den Würfel ist $a : \infty a : \infty a$. Man kürzt solche Formeln ab, indem man sie mit der Formel für das Oktaëder vergleicht, und dem abgekürzten Zeichen für dieses hinzufügt, welche Verhältnisszahlen

in den Formeln der anderen Körper anders sind, als in der des Oktaëders. So hat man

Oktaëder, weitläufiger: $a:a:a$; abgekürzt: O.

Würfel, weitläufiger: $\infty a:a:\infty a$; abgekürzt: $\infty O\infty$.

(An mögliche Verwechslungen des Würfels mit anderen Formen wird §. 151, 204, 258 erinnert werden.)

Die Würfelform zeigt sich häufig an Chlornatrium, Jod- und Chlorkalium, Salmiak aus harnstoffhaltiger Lösung krystallisirt, Flussspath, Bleiglanz u. a.

Combinationen des Würfels. §. 63.

Wir besprechen hier zunächst nur die Combinationen des Würfels mit dem Oktaëder; bei jeder der folgenden einfachen Formen werden ihre Combinationen mit allen schon vorher betrachteten, so weit sie von Wichtigkeit sind, erklärt werden. — Die sechs Flächen des Würfels stumpfen die sechs Ecken des Oktaëders ab (und an jedem Krystall, welcher oktaëdrische Ecken, §. 60, hat, diese); die acht Flächen des Oktaëders die acht Ecken des Würfels (und an jedem Krystall, welcher hexaëdrische Ecken hat, diese). Die Combinationskanten gehen parallel mit den Oktaëderkanten oder den Diagonalen der Würfelflächen.

Die Würfelflächen herrschen vor, wenn die Axen des Würfels kleiner sind, als die halbe Grösse der Axen des sich damit combinirenden Oktaëders; die Combination (Fig. 76, Mod. 3) erhält das Zeichen $\infty O\infty . O$; sie zeigt sich am Chlornatrium, welches aus harnstoffhaltiger Lösung krystallisirt ist, am Eisenkies, Bleiglanz u. a.; die Abstumpfungsflächen sind gleichseitige Dreiecke (über Verwechslungen vgl. §. 152, 258). — Die Oktaederflächen herrschen vor, wenn die Axen des Würfels grösser sind, als die halbe Länge der Axen des Oktaëders; die Combination (Fig. 74, Mod. 5) erhält das Zeichen $O . \infty O\infty$; sie findet sich am Zinnchlorid-Chlorammonium (Pinksalz), am Kobaltkies u. a. Die Abstumpfungsflächen sind sämmtlich Quadrate (über Verwechslungen vgl. §. 148, 150, 256). — Die Flächen des Würfels (und ebenso die des Oktaëders) berühren sich nur in Punkten, wenn die Axen des Würfels genau halb so lang sind, als die des zutretenden Oktaëders; die entstehende Gestalt (Fig. 75, Mod. 4) heisst der Mittelkrystall zwischen Oktaëder und Hexaëder, und hat das Zeichen „$O . \infty O\infty$ im Gleich-

gewicht"; sie ist begrenzt durch sechs Quadrate und acht gleichseitige Dreiecke; von den zwölf Combinationsecken liegt jedes zwischen zwei Axen, gleichweit von jeder abstehend: von Ecken an regulären Krystallformen, welche dieselbe Lage haben, sagt man, dass sie liegen wie die Ecken des Mittelkrystalls. Diese Form zeigt sich oft sehr regelmässig am salpetersauren Bleioxyd, am Bleiglanz u. a.

Der Winkel, unter welchem eine Würfel- und eine Oktaederfläche in einer Combinationskante zusammenstossen, ist 125°16′.

§. 64. Die Zeichnung der Combinationen von Würfel und Oktaeder ist sehr einfach. Man construirt beide einfache Gestalten über denselben Mittelpunkt (Fig. 13 und 14). Ist das Oktaëder (nach dem im Vorstehenden angegebenen Verhältniss der Grösse der Axen) die vorherrschende Form, so bestimmt man in folgender Weise, wo die Würfelflächen mit den Oktaëderflächen zum Durchschnitt kommen. Jede Linie, welche die Mitten zweier auf einer Fläche sich gegenüberliegender Würfelkanten verbindet, schneidet auch durch zwei an einem Eck sich gegenüberliegende Oktaëderkanten; so schneidet die Linie *ba*, welche die Mitten der Würfelkanten oben links und rechts verbindet (Fig. 13), durch die zwei Oktaëderkanten, welche von oben nach links und rechts gehen. In derselben Weise sucht man, wo die obere Würfelfläche durch die Oktaëderkanten von oben nach vorn und hinten schneidet; man verbindet die Mitten der Würfelkanten oben vorn und oben hinten durch eine (in Fig. 13 gestrichelte) Linie; und markirt die Schneidungspunkte derselben mit den genannten Oktaëderkanten. Die vier Durchschnittspunkte, die man so gefunden hat, verbindet man durch Linien, welche also Combinationskanten vorstellen, und hat so die Abstumpfung des Oktaëderecks, welches oben liegt, fertig gezeichnet. In gleicher Weise verfährt man bei der Zeichnung der Abstumpfung der übrigen Ecken.

Herrschen die Flächen des Würfels vor, so kann man in folgender Weise bestimmen, wo die Oktaëderflächen mit den Würfelflächen zum Durchschnitt kommen. Die Würfelkante vorn rechts in Fig. 14 liegt gerade in der Mitte zwischen den Axen, die vom Mittelpunkte des Axenkreuzes nach vorn und nach rechts gehen; eine Linie *ab*, gezogen auf der oben vorn

rechts liegenden Oktaëderfläche von oben nach der Mitte der Kante vorn rechts, liegt gleichfalls in der Mitte zwischen den Axen nach vorn und nach rechts, und muss also durch jene Würfelkante hindurchgehen; der Schneidungspunkt bestimmt, wo an der Würfelkante vorn rechts die Oktaëderfläche durchschneidet. In gleicher Weise bestimmt man, wo diese Fläche durch die anderen zwei Würfelkanten hindurchgeht, die mit der eben genannten das Würfeleck oben rechts vorn bilden; eine Hülfslinie, gezogen von dem Oktaëdereck vorn nach der Mitte der Oktaëderkante, die von oben nach rechts geht, schneidet die Würfelkante oben rechts in dem zu bestimmenden Punkt; eine Hülfslinie, gezogen von dem Oktaëdereck rechts nach der Mitte der Oktaëderkante oben nach vorn, bestimmt den Schneidungspunkt auf der Würfelkante oben vorn. So hat man bestimmt, wo die Oktaëderfläche oben vorn rechts durch die Kanten des hier liegenden Würfelecks hindurchgeht; diese Punkte werden durch Linien verbunden, und die Abstumpfung dieses Ecks ist fertig gezeichnet. In gleicher Weise kann man behufs der Zeichnung der Abstumpfung der anderen Würfelecken verfahren.

Der Anfänger wird indess einsehen, wie sich die ganze Zeichnung leicht vollenden lässt, wenn man für Ein Eck gefunden hat, in welchem Abstande von dem Eck die Kanten von der Oktaëderfläche durchschnitten werden, oder selbst nur, in welchem Abstande von dem Eck Eine Kante durchschnitten wird. Alle Kanten werden nämlich in diesem Abstande von den Ecken durchschnitten, und man hat also nur den gefundenen Abstand von allen Ecken aus auf den da zusammenstossenden Kanten abzustechen, um die Punkte, wo die Oktaederflächen durch die Würfelkanten gehen, bestimmt zu haben (wobei zu beachten ist, dass bei unserem Zeichnen Abstände in der Richtung von vorn nach hinten, die in Wirklichkeit eben so gross sind als die in der Richtung von links nach rechts oder von oben nach unten, in der perspectivischen Ansicht $^1/_2$ so gross gezeichnet werden; vgl. §. 16). Eben so kann man sich die Zeichnung durch Benutzung der Wahrnehmung erleichtern, dass alle Combinationskanten zwischen Würfel und Oktaëder parallel sind einer Oktaëderkante oder der Diagonale einer Würfelfläche.

Bei steter Betrachtung an einem wirklichen Axenkreuz, wie die Flächen zweier über denselben Mittelpunkt construirten und sich combinirenden Formen, wie ihre Kanten, Diagonalen u. s. w. liegen, wird der Anfänger keine Schwierigkeiten finden, zu bestimmen, wo die Flächen dieser Formen sich schneiden, und die Combination zu zeichnen; er wird bald von selbst die kleinen Vortheile finden, die das Zeichnen erleichtern, z. B. nur Einen Durchschnittspunkt zu suchen, der sich möglichst scharf bestimmt (d. h. wo die ihn bestimmenden Linien nicht so schief sich schneiden, dass der wahre Durchschnittspunkt unsicher ist), und von diesem Durchschnittspunkte aus durch Abtragen gefundener Abstände, wie eben bei der Zeichnung der Abstumpfung des Würfelecks angegeben wurde, oder durch Ziehen von Parallelen u. s. f. die Combination fertig zu zeichnen. Es ist deshalb wohl nicht nöthig, bei den im Folgenden zu betrachtenden Combinationen weitläufiger anzugeben, wie sie gezeichnet werden.

§. 65. Die Krystallform, für welche das Zeichen $a:a:\infty a$ gilt, d. h. von deren Flächen jede zwei Axen gleichweit vom Mittelpunkte schneidet und mit der dritten Axe parallel geht, muss zwölf Flächen haben, denn an dem Axenkreuz lassen sich solcher Flächen legen vier, von oben nach vorn, rechts, hinten und links, vier, von unten nach vorn, rechts, hinten und links, und dann noch vier zwischen vorn und rechts, rechts und hinten, hinten und links, links und vorn.

Um die Gestalt dieses Körpers genauer kennen zu lernen, wollen wir zuerst die vier Flächen, die von oben, und die vier, die von unten wie eben angegeben ausgehen, an das Axenkreuz (welches also wieder wie Fig. 11 gezeichnet ist, und auf welchem die vom Mittelpunkte in Wirklichkeit gleichweit abstehenden Punkte v, h, l, r, o, u markirt sind) legen. Die Fläche (die) von oben nach vorn (geht) und parallel mit der Axe lr bildet mit der Fläche von unten nach vorn und parallel mit derselben Axe eine Durchschnittslinie ab (Fig. 16), die durch den Punkt v (vorn) und parallel mit lr geht. Die Flächen, die von oben nach rechts und von unten nach rechts gehen, und beide der Axe vh parallel sein sollen, bilden eine Durchschnittslinie de, die durch r parallel mit vh geht. Die Linien ab und de schneiden sich in dem Punkte f; von diesem aus geht eine

Durchschnittslinie nach *o*, nämlich die, in welcher die Fläche von oben nach vorn (die mit *lr* parallel ist) und die von oben nach rechts (die mit *vh* parallel ist) sich schneiden.

Sucht man auf diese Art weiter, wie die eben zu legenden acht Flächen den Raum begrenzen, so findet man als Resultat eine doppelte vierseitige Pyramide mit quadratischer Basis, die dem Beobachter eine Kante der Basis zuwendet, Fig. 16, und diese Pyramide ist auch noch nach den vorderen Kanten in Fig. 17 sichtbar. In letzterer Figur sind aber auch ausserdem die vorn sichtbaren Flächen gezeichnet, welche zu legen noch übrig blieb; es sind dieses die zwischen vorn und rechts, rechts und hinten, hinten und links, links und vorn. Jede dieser Flächen verbindet zwei der genannten Axenenden und geht parallel mit der Axe von oben nach unten; wir deuten die Lage einer solchen Fläche an durch eine Linie, die zwei der genannten Axenenden verbindet, und durch eine durch die Mitte dieser Linie parallel mit *ou* gezogene; so z. B. die Lage der Fläche zwischen vorn und rechts durch die Linie *vr* und durch die Linie *ik*. Die Linien, die hier parallel *ou* gezogen werden, schneiden die Kanten der zuerst gezeichneten Pyramide (und zwar in der Mitte). Die Kante *of* dieser Pyramide z. B. liegt in der Mitte zwischen der Axe nach vorn und der nach rechts, und die Linie *ik* gleichfalls; letztere muss also jene Kante schneiden, und eben so geht sie unten durch die Kante *fu* der zuerst gezeichneten Pyramide.

Die Fläche, welche wir eben durch vorn und rechts, parallel mit der Axe von oben nach unten legten, schneidet also das Eck *f* der zuerst gezeichneten Pyramide ab; in ganz gleicher Weise schneiden die drei anderen mit *ou* parallel zu legenden Flächen die drei anderen Ecken an der Basis dieser Pyramide ab, und es entsteht die in Fig. 17 mit stärkeren Linien und nur nach den vorderen Kanten gezeichnete Figur, die durch alle Flächen begrenzt ist, welche man durch zwei Axen gleichweit vom Mittelpunkte und mit der dritten Axe parallel legen kann. Sie ist

§. 66. Das Rhomben-Dodekaëder (Fig. 80, Mod. 6), auch Dodekaëder (Zwölfflächner) schlechtweg genannt (auch Granatoëder, einkantiges Tetragonaldodekaëder).

Dieses hat 12 rhombische Flächen, 24 Kanten und 14 Ecken.

Die Flächen sind Rhomben mit den Winkeln 109°28′ und 70°32′. Das Verhältniss der Diagonalen einer Fläche ist wie 1 zu $\sqrt{2}$.

Die Kanten sind alle gleich. — Die Ecken sind von zweierlei Art. Sechs derselben sind vierflächig und oktaëdrische Ecken, d. h. durch sie gehen die Axen hindurch (in Fig. 80 ist eins derselben mit A bezeichnet); in ihnen stossen die Rhomben mit den spitzeren Winkeln zusammen. Die acht anderen sind dreiflächig und hexaëdrische Ecken (vgl. §. 62; in Fig. 80 ist eins derselben mit B bezeichnet); in ihnen stossen die Rhomben mit den stumpferen Winkeln zusammen. Das Dodekaëder ist also bei der Betrachtung so zu stellen, dass ein vierflächiges Eck vorn gegen den Beobachter zu, eins nach oben zu liegt u. s. f.

Die Flächen stossen in den Kanten unter einem Winkel von 120° zusammen; zwei in einem oktaëdrischen Eck gegenüberliegende Flächen sind unter einem Winkel von 90°, zwei daselbst gegenüberliegende Kanten unter einem Winkel von 109°28′ gegen einander geneigt.

Das abgekürzte krystallographische Zeichen für das Dodekaëder ergiebt sich wieder aus der Vergleichung mit dem für das Oktaëder:

Oktaëder, weitläufiger: $a:a:a$; abgekürzt: O.

Dodekaëder, weitläufiger: $a:a:\infty a$; abgekürzt: $O\infty$ oder ∞O.

(Auf Verwechslungen des Dodekaëders wird §. 150, 215, 269, 328 aufmerksam gemacht werden.)

Das Dodekaëder kommt an künstlichen Krystallen seltener selbstständig vor, als in Combinationen; häufiger findet es sich rein ausgebildet an Mineralien: Phosphor, Granat u. a.

§. 67. Combinationen des Dodekaëders.

Die längeren Diagonalen der Dodekaëderflächen liegen wie Oktaëderkanten, die kürzeren Diagonalen wie Würfelkanten. Jede Dodekaëderfläche liegt also sowohl wie eine Oktaëder- als auch wie eine Würfelkante; die zwölf Flächen des Dodekaëders stumpfen bei der Combination mit dem Würfel oder dem Oktaëder die zwölf Kanten der einen oder der anderen Form gerade ab. — Die oktaëdrischen Ecken des Dodekaëders werden durch Würfelflächen abgestumpft; die Combinationskanten gehen den kürzeren Diagonalen der Dodekaëderflächen parallel. Die hexaëdrischen Ecken hingegen werden durch Oktaëderflächen

abgestumpft; die Combinationskanten gehen parallel den längeren Diagonalen. — Oktaëder und Dodekaëder, $O.\infty O$ (Fig. 78), geben also ein Oktaëder mit gerade abgestumpften Kanten (Alaun, Rothkupfererz); Dodekaëder und Oktaëder, $\infty O.O$ (Fig. 79, Mod. 7), ein Dodekaëder mit gerade abgestumpften hexaëdrischen Ecken (Magneteisen). Würfel und Dodekaëder, $\infty O\infty . \infty O$ (Fig. 82, Mod. 8), geben einen Würfel mit gerade abgestumpften Kanten (Alaun, dessen Lösung Alkali, Chlorkalium, dessen Lösung Quecksilberchlorid zugesetzt war, krystallisiren manchmal in dieser Form; Flussspath, selten); Dodekaëder und Würfel, $\infty O.\infty O\infty$ (Fig. 81), ein Dodekaëder mit gerade abgestumpften oktaëdrischen Ecken (Granat, selten).

Oktaëder, Würfel und Dodekaëder kommen häufig zusammen vor; mit vorherrschenden Oktaëderflächen zeigt sich diese dreifache Combination, $O.\infty O\infty . \infty O$ (Fig. 83, wo indess die Oktaëderflächen nicht stark vorherrschen), gewöhnlich an dem Alaun; mit vorwaltenden Würfelflächen, $\infty O\infty . O.\infty O$ (Fig. 84), häufig an Alaun, dessen Lösung Alkali zugesetzt war, auch an Chlornatrium, das aus wismuthchloridhaltiger Lösung krystallisirte. An solchem Alaun, auch an Bleiglanz u. a., zeigen sich auch manchmal Oktaëder und Würfel im Gleichgewicht: $O.\infty O\infty$ im Gleichgewicht mit ∞O; die Ecken des Mittelkrystalls (Fig. 75) sind dann durch rechtwinklig auftretende Dodekaëderflächen abgestumpft. Ueberhaupt stumpfen die Dodekaëderflächen alle Ecken ab, welche liegen wie die Ecken des Mittelkrystalls (§. 63). Seltener kommt das Dodekaëder als vorherrschende Form mit Oktaëder und Hexaëder vor: $\infty O . \infty O\infty . O$; dann sind sowohl die vierflächigen als die dreiflächigen Ecken abgestumpft (Gold).

Eine Dodekaëder- und eine Würfelfläche sind in den Combinationskanten unter 135°, eine Dodekaëder- und eine Oktaëderfläche unter 144°44′ zu einander geneigt.

§. 68. Die im Vorhergehenden besprochenen einfachen Formen, das Regulär-Oktaëder, der Würfel, das Rhomben-Dodekaëder, sind einzig in ihrer Art; nach den Formeln, welche die Lage der Flächen dieser Gestalten anzeigen, kann man immer nur Eine holoëdrische Krystallgestalt construiren; es giebt nur Ein Regulär-Oktaëder, nur Einen Würfel, nur Ein Rhomben-Dode-

kaëder. Andere Krystallformen in dem regulären System können mancherlei Art sein; so z. B. lassen sich nach der Formel für die Lage jeder Fläche

$$a:ma:ma$$

oder abgekürzt mOm

(wo m eine Zahl grösser als 1 bedeutet) eine Menge verschiedener einfacher Formen construiren, je nachdem der Werth von m verschieden angenommen wird. Jene Formel bezeichnet eine einfache Form mit Flächen, deren jede eine Axe in einem Abstande a von dem Mittelpunkte schneidet, und in der Richtung nach ma zu zwei anderen Axen sich erstreckt (gehörig vergrössert zwei andere Axen in demselben grösseren Abstande ma schneiden würde). In der Natur kommen nur solche nach diesem Symmetriegesetz gestaltete Formen vor, wo m einen zu 1 in einem einfachen Verhältniss stehenden Werth hat; man hat beobachtet Gestalten, deren Flächen liegen gemäss der Formel

$a:2a:2a$; abgekürzt $2O2$
oder $a:3a:3a$; abgekürzt $3O3$.

Jede Krystallgestalt von der Formel $a:ma:ma$ oder mOm hat 24 Flächen; in jedem Oktanten des Axenkreuzes kann man nämlich 3 Flächen in dieser Richtung legen (in dem Oktanten vorn oben rechts z. B. eine Fläche von dem einfachen Abstande [a] auf der Axe oben nach dem $m$fachen Abstande [ma] auf der Axe rechts und dem $m$fachen Abstande [ma] auf der Axe nach vorn hin; eine zweite entsprechende Fläche von dem einfachen Abstande auf der Axe rechts aus, und eine dritte entsprechende von dem einfachen Abstande auf der Axe vorn aus), in allen 8 Oktanten also 24. Davon nennt man die Formen der Art

Ikositetraëder (Vierundzwanzigflächner),

sonst auch zweikantige Tetragonal-Ikositetraëder, Leucitoëder und Leucitoide, Deltoid-Ikositetraëder, Trapezoëder. Die Bezeichnung Ikositetraëder legt man den Formen dieser Art vorzugsweise bei, und benennt andere in diesem System noch vorkommende vierundzwanzigflächige Formen nach anderen Eigenthümlichkeiten; die Bezeichnungen Leucitoëder und Leucitoid lässt man manchmal auch auf die einzelnen Formen der Art gehen, und zwar bedeutet dann

Leucitoëder das Ikositetraëder $a:2a:2a$ oder $2O2$
Leucitoid das Ikositetraëder $a:3a:3a$ oder $3O3$.

§. 69. Wie Flächen, welche von einem bestimmten Abstande auf einer Axe nach dem $m$fach grösseren Abstande auf zwei andere Axen hingehen, den Raum vollständig begrenzen, sieht man in folgender Art. Um das Ikositetraëder $2O2$ z. B. zu zeichnen, construirt man ein Axenkreuz, und trägt von dem Mittelpunkte aus einen beliebigen Abstand einfach und doppelt auf den Axenarmen nach vorn, hinten, links, rechts, oben und unten auf. Wir wollen diese einfachen und doppelten Abstände durch v und $2v$, h und $2h$, l und $2l$, r und $2r$, o und $2o$, u und $2u$ bezeichnen. Fig. 18 zeigt von einem solchen Axenkreuz das Stück, welches den Oktanten vorn oben rechts einschliesst. In diesen Oktanten sind nun Flächen zu legen von o nach $2v$ und $2r$, von r nach $2v$ und $2o$, von v nach $2o$ und $2r$ hin, und zu suchen, wie sich diese Flächen mit den anderen an den Grenzen des Oktanten und wie sie sich unter sich schneiden.

Die Fläche, welche von v nach $2o$ und $2r$ geht $(v:2o:2r)$, schneidet sich mit der Fläche in $v:2o:2l$ in dem Oktanten oben vorn links (er ist in Fig. 18 weggelassen) offenbar in der Richtung v nach $2o$ hin; hier liegt eine Kante, welche so weit an der entstehenden Gestalt sichtbar ist, bis eine Kante in der Richtung $o:2v$ (gebildet durch das Zusammenstossen der Flächen $o:2v:2r$ und $o:2v:2l$) sich mit ihr kreuzt. Diese zwei Kanten treten also in der entstehenden Gestalt so weit sichtbar auf, als sie in Fig. 18 in ausgezogenen Linien dargestellt sind.

Es ergiebt sich so die Begrenzung des Oktanten oben vorn rechts nach links hin; in ganz gleicher Weise findet man die nach hinten und nach unten; die drei Flächen in diesem Oktanten zeigen sich in der entstehenden Gestalt nach diesen Richtungen begrenzt durch die Kanten *vc*, *co*, *ob*, *br*, *ra*, *av*.

Es ist nun noch zu suchen, wie sich die drei Flächen schneiden innerhalb des Oktanten.

Eine Fläche geht in der Richtung $o:2v:2r$, eine andere in der $r:2v:2o$. Beide haben den Punkt $2v$ gemeinschaftlich, und ausserdem schneiden sie sich in dem Durchkreuzungspunkte (b) der Richtungen $o:2r$ und $2o:r$; d. h. die Durchschnittslinie dieser Flächen ist $2v:b$.

In derselben Weise findet man, dass die Durchschnittslinie der Flächen $v:2r:2o$ und $o:2v:2r$ in der Richtung $2r:c$ liegt, und die der Flächen $r:2v:2o$ und $v:2r:2o$ in der Richtung $2o:a$; diese Durchschnittslinien sind in der entstehenden Gestalt so weit als Kanten sichtbar, als sie in Fig. 18 ausgezogen sind.

So ist für einen Oktanten die Raumbegrenzung fertig gezeichnet; führt man sie in derselben Weise für die anderen Oktanten aus, so erhält man als Resultat eine Gestalt wie Fig. 86 (Mod. 9): das Ikositetraëder $2O2$. — Das Ikositetraëder $3O3$, Fig. 87, wird in derselben Weise gezeichnet, nur nimmt man auf dem Axenkreuz statt der Punkte in doppeltem Abstand solche in dem dreifachen.

70. Die Ikositetraëder sind begrenzt durch 24 Deltoide. So nennt man Vierecke, welche zwei ungleiche Paare gleicher Seiten haben, Fig. 19a oder b; die Winkel a und c, welche von gleichen Seiten eingeschlossen werden, sind ungleich, die Winkel b, die von ungleichen Seiten eingeschlossen werden sind gleich; eine Linie durch die zwei gleichen Winkel b zerlegt ein Deltoid in zwei gleichschenklige, eine Linie durch die zwei einzelnen Winkel a und c zerlegt es in zwei ungleichseitige, aber congruente Dreiecke. Fig. 19a stellt ein Deltoid des Ikositetraëders $2O2$, Fig. 19b ein Deltoid von $3O3$ dar. Die ebenen Winkel an diesen Deltoiden sind:

	a:	b:	c:
$2O2$:	78°28′	82°15′	117°2′
$3O3$:	84°15′	81°26′	112°53′

Die 26 Ecken sind dreierlei Art. 6 Ecken A (Fig. 86 und 87) sind vierflächig und gleichkantig, und in ihnen stossen die Deltoide mit den spitzesten Winkeln (a) zusammen; sie sind oktaëdrische Ecken (§. 60) und durch sie gehen die Axen hindurch. 8 Ecken B sind dreiflächig und gleichkantig, und in ihnen stossen die Deltoide mit den stumpfesten Winkeln (c) zusammen; sie sind hexaëdrische Ecken (§. 62). 12 Ecken C sind vierflächig und symmetrisch ungleichkantig, und in ihnen stossen die Deltoide mit den mittleren Winkeln (b) zusammen: sie liegen wie die Ecken des Mittelkrystalls (§. 63).

Die 48 Kanten an einem Ikositetraëder sind zweierlei Art: 24 längere, AC, verbinden die oktaëdrischen und die symmetri-

schen Ecken; 24 kürzere, *BC*, die hexaëdrischen und die symmetrischen Ecken. Je zwei längere Kanten zusammen liegen wie eine Oktaëderkante, sofern sie zwei oktaëdrische Ecken verbinden; je zwei kürzere zusammen wie eine Hexaëderkante.

In der allgemeinen Formel des Ikositetraëders mOm oder $a:ma:ma$ ist m grösser als 1, d. h. es liegt zwischen 1 und ∞; die Krystallform mit dem Zeichen $a:ma:ma$ liegt zwischen den Krystallformen $a:a:a$ und $a:\infty a:\infty a$, d. h. das Ikositetraëder ist eine Uebergangsgestalt zwischen Oktaëder und Würfel, und je nachdem m sehr nahe gleich 1 oder sehr gross ist, erinnert der Habitus des Ikositetraëders mehr an den des Oktaëders oder mehr an den des Hexaëders. Je näher $m=1$, um so mehr fallen je drei in einem Oktanten liegende Flächen in eine Ebene und um so mehr je zwei längere Kanten in eine gerade Linie zusammen, und für $m=1$ tritt dies vollkommen ein, d. h. es entsteht ein Oktaëder. Je grösser im Gegentheil m, um so mehr fallen je vier um ein oktaëdrisches Eck liegende Flächen in eine Ebene und je zwei kürzere Kanten in eine gerade Linie zusammen; für $m=\infty$ tritt dies vollkommen ein, d. h. es entsteht ein Würfel.

Es ist die Neigung zweier in einem oktaëdrischen Eck gegenüberliegender

	Flächen:	Kanten:
bei $2O2$	109°28′	126°52′
bei $3O3$	129°31′	143°8′

Neigung der Flächen zu einander in den Kanten

	in den längeren (AC)	in den kürzeren (BC)
bei $2O2$	131°49′	146°27′
bei $3O3$	144°54′	129°31′

Ikositetraëder finden sich an künstlichen Krystallen nur selten und dann nur in Combinationen; so das Ikositetraëder $2O2$ manchmal an dem Chromalaun und an dem gewöhnlichen Alaun, wenn man einen Krystall desselben in einer gesättigten, mit etwas Salzsäure versetzten Alaunlösung schwach erwärmt, so dass seine Kanten aufgelöst werden, und dann wieder langsam erkalten lässt; über die Form der Combinationen vgl. §. 71 und 72. In dem Mineralreich findet sich das Ikositetraëder

$2O2$ selbstständig am Leucit, am Analcim u. a., das Ikositetraëder $3O3$ selten, z. B. am Gold, am Silber.

§. 71. **Combinationen der Ikositetraëder.**

Herrscht das Ikositetraëder vor, so stumpfen die Flächen des Würfels die oktaëdrischen Ecken, die Flächen des Oktaëders die hexaëdrischen Ecken, die Flächen des Dodekaëders die symmetrischen Ecken ab. Man ersieht dies Fig. 88, welche die Combination $2O2 . \infty O\infty . O . \infty O$ darstellt. — Die Combination $2O2 . \infty O$ findet sich an dem Salmiak, der bei Duttweiler von einem brennenden Steinkohlenlager sublimirt; die Combination $2O2 . \infty O\infty$ an dem Analcim.

Herrscht der Würfel vor, so bildet das Ikositetraëder dreiflächige Zuspitzungen der Würfelecken; die Zuspitzungsflächen sind auf den Würfelflächen gerade aufgesetzt. So zeigt der Analcim manchmal Würfel mit zugespitzten Ecken: $\infty O\infty . 202$ (Fig. 91); an dem Flussspath kommt, seltener, die Combination $\infty O\infty . 3O3$ vor. Die Combinationskanten zwischen einem Ikositetraëder und einem Würfel sind parallel den Diagonalen der Würfelflächen.

Herrscht das Oktaëder vor, so bildet das Ikositetraëder vierflächige Zuspitzungen der Oktaëderecken; die Zuspitzungsflächen sind auf den Oktaëderflächen gerade aufgesetzt. Die Combinationskanten sind parallel den Oktaëderkanten.

In Fig. 92 ist diese Combination noch mit Würfelflächen vermehrt dargestellt; diese Form ist $O . \infty O\infty . 2O2$ (Alaun oder Chromalaun, selten); die Flächen des Ikositetraëders stumpfen die Combinationskanten zwischen den Würfel- und den Oktaëderflächen schief ab.

§. 72. Bei Combination eines Ikositetraëders mit dem Würfel oder dem Oktaëder oder beiden entscheidet man durch die Messung der Winkel an den Combinationskanten, ob das vorkommende Ikositetraëder $2O2$ oder $3O3$ ist. Diese Winkel sind

Ikositetraëder mit	Oktaëder	Würfel
$2O2$	160°32′	144°44′
$3O3$	150°30′	154°46′

Bei der Combination eines Ikositetraëders mit dem Rhomben-Dodekaëder bestimmt sich dies einfacher. Die 24 Flächen des Ikositetraëders $2O2$ liegen gerade so wie die 24 Kanten

des Dodekaëders. An einem vorherrschenden Dodekaëder werden die Kanten durch die Flächen von $2O2$ gerade abgestumpft; Fig. 85 zeigt diese am Melanit (schwarzen Granat) u. a. vorkommende Combination $\infty O.2O2$. — Zwei in einem oktaëdrischen Eck sich gegenüberliegende Flächen des Ikositetraëders $3O3$ sind hingegen unter einem stumpferen Winkel zu einander geneigt, als zwei in einem solchen Eck sich gegenüberliegende Dodekaëderkanten, und können diese also nicht gerade abstumpfen. Die Flächen des Ikositetraëders $3O3$ bilden an dem Dodekaëder vierflächige Zuspitzungen der oktaëdrischen Ecken, wobei die Zuspitzungsflächen auf die Dodekaëderkanten gerade aufgesetzt sind. Wie verschieden sich $2O2$ und $3O3$ mit dem Dodekaëder combiniren, sieht man in Fig. 89 und 90; erstere zeigt $\infty O.O$ mit $2O2$, letztere $\infty O.O$ mit $3O3$ combinirt.

Es bestimmt sich hiernach z. B. leicht, welches Ikositetraëder das in Fig. 93 auftretende ist, einer Combination, die manchmal an dem Alaun vorkommt (vgl. §. 70), und welche ausser dem Ikositetraëder noch Oktaëderflächen als die vorherrschenden, Würfel- und Dodekaëderflächen zeigt. Die Ikositetraëderflächen werden leicht erkannt (vgl. Fig. 92 und §. 71), da sie die Combinationskanten zwischen Würfel und Oktaëder abstumpfen; dass das auftretende Ikositetraëder $2O2$ ist, sieht man daran, dass jede Ikositetraëderfläche nach zwei Dodekaëderflächen hin durch zwei parallele Combinationskanten begrenzt ist; die ganze Combination ist also $O.\infty O\infty.\infty O.2O2$ zu schreiben. Das Ikositetraëder $3O3$ würde nicht parallele, sondern nach den Oktaëderecken hin divergirende Combinationskanten bilden.

Auch der Formel $a:a:ma$, abgekürzt Om oder mO (wo m grösser als 1 gedacht ist), entsprechen mehrere verschiedene Krystallformen, je nach dem verschiedenen Werth von m. Diese Formen haben alle das gemeinsam, dass jede ihrer Flächen zwei Axen gleichweit vom Mittelpunkte, die dritte Axe aber (gehörig vergrössert) in dem $m$fach grösseren Abstande schneidet. §. 73.

Man hat nur solche Formen der Art beobachtet, wo m eine Zahl ist, die zu 1 in einem einfachen Verhältnisse steht; m ist

z. B. $= {}^3/_2$, oder $= 2$, oder $= 3$. Diese einzelnen Formen werden also mit ${}^3/_2 O$, $2O$, $3O$ bezeichnet. ${}^3/_2 O$ und $2O$ kommen relativ am häufigsten, die anderen Gestalten mO nur sehr selten vor.

Die Formen mO müssen durch 24 Flächen begrenzt sein; in einem Oktanten des Axenkreuzes kann man nämlich 3 Flächen legen, die der Formel $a:a:ma$ entsprechen; in den 8 Oktanten also 24.

Als Beispiel zur Erkenntniss der näheren Eigenschaften dieser Gestalten, und wie sie gezeichnet werden, wollen wir die Construction von $2O$ wählen. Man construirt das Axenkreuz und markirt wieder wie vorher (§. 69) auf demselben einfache und doppelte Abstände von dem Mittelpunkte: v und $2v$, h und $2h$ u. s. w. Fig. 20 zeigt diese Abstände auf den Armen des Axenkreuzes, welche den Oktanten oben vorn rechts einschliessen. In diesem können nun drei Flächen entsprechend der Formel $a:a:2a$ gelegt werden; eine $v:r:2o$, eine $r:o:2v$, eine $o:v:2r$.

Die Begrenzung dieser Flächen nach den anderen Oktanten hin ergiebt sich leicht. Die Fläche $o:v:2r$ wird mit der Fläche $o:v:2l$ in dem Oktanten vorn oben links eine Kante $o:v$ bilden; eben so entstehen die Kanten $o:r$ und $v:r$.

Es sind noch die Kanten zu bestimmen, welche durch das Schneiden der Flächen innerhalb des Oktanten entstehen. Die Flächen $v:o:2r$ und $v:r:2o$ haben den Punkt v gemeinschaftlich, und schneiden sich auch in dem Durchkreuzungspunkte b der Richtungen $o:2r$ und $r:2o$, also in der Linie vb; von dieser Linie tritt als Kante in der entstehenden Gestalt das in Fig. 20 ausgezogene Stück auf.

Ganz entsprechend findet man als Durchschnittslinie für die Flächen $r:v:2o$ und $r:o:2v$ eine Kante in der Richtung rc, und für den Durchschnitt der Flächen $o:r:2v$ und $o:v:2r$ eine Kante oa; diese Kanten zeigen sich in der entstehenden Gestalt so weit, als dies Fig. 20 angedeutet ist.

Die Construction für den Oktanten oben vorn rechts ist hiermit vollendet; construirt man ebenso für die anderen Oktanten, so erhält man als Resultat eine Krystallform, wie sie Fig. 94 und Mod. 10 darstellt: $2O$.

Die anderen Formen mO, wo m einen von 2 verschiedenen Werth hat, sind dem Fig. 94 dargestellten Körper gleichfalls ähnlich (Fig. 353 zeigt die Form $^3/_2 O$); alle haben das Ansehen von Oktaëdern, auf deren Flächen dreiseitige Pyramiden aufgesetzt sind. Man nennt alle Formen mO §. 74.

Triakisoktaëder (Dreimal-Acht-Flächner),
auch oktaëdrische Trigonal-Ikositetraëder, Pyramidenoktaëder, Galenoide.

Sie sind begrenzt durch 24 gleichschenklige Dreiecke, und haben 14 Ecken und 36 Kanten.

In den gleichschenkligen Dreiecken ist

bei	der einzelne ebene Winkel	jeder der zwei gleichen
$^3/_2 O$	119°14′	30°23′
$2O$	118°4′	30°58′.

Sie haben zweierlei Ecken: 6 achtflächige, symmetrische, oktaëdrische Ecken A (Fig. 94), durch welche die Axen hindurchgehen, und 8 dreiflächige, gleichkantige, hexaëdrische Ecken B.

Die Kanten sind gleichfalls zweierlei Art: 12 (AA) verbinden die oktaëdrischen Ecken unter sich, und liegen also wie Oktaëderkanten; 24 (AB) verbinden die oktaëdrischen und die hexaëdrischen Ecken. Erstere bilden die Grundlinien, letztere die Schenkel der 24 gleichschenkligen Dreiecke, welche das Triakisoktaëder begrenzen.

Die allgemeine Formel für die Triakisoktaëder mO oder weitläufiger $a:a:ma$ bildet einen Uebergang zwischen $a:a:a$ und $a:a:\infty a$, den Formeln für das Oktaëder und das Rhombendodekaëder. Die Triakisoktaëder selbst stehen deshalb in der Mitte zwischen diesen beiden Formen, und nähern sich in ihrem Habitus mehr der einen oder mehr der anderen, je nach der Grösse von m. Um je näher $m=1$, um so mehr fallen je drei um ein hexaëdrisches Eck liegende Triakisoktaëderflächen in eine Ebene zusammen, und wenn dies ganz vollkommen der Fall wäre, würde ein Oktaëder resultiren; um je grösser m ist, um so mehr fallen je zwei an einer Oktaëderkante liegende Flächen in eine Ebene zusammen, und wenn dieses vollkommen einträte, würde ein Dodekaëder resultiren.

Es ist die Neigung der Flächen an den relativ häufiger beobachteten Triakisoktaëdern

bei	in den Kanten AA	in den Kanten AB
$^3/_2O$	129°31′	162°39′
$2O$	141°3′	152°44′.

Die Triakisoktaëder finden sich an künstlichen Krystallen nur äusserst selten und dann nur sehr untergeordnet in Combination mit anderen Formen; die Flächen von $2O$ sind an Alaun, der aus salzsäurehaltiger Lösung krystallisirt war, beobachtet worden, aber sie müssen nur selten sich zeigen, da bei vielen Krystallisationen sie nie aufgefunden werden konnten. Auch im Mineralreich finden sich Triakisoktaëderflächen nur seltener und meist untergeordnet; an dem Diamant tritt eine solche Form selbstständig auf, aber wegen der Krümmung der Flächen konnte man das hier vorkommende Triakisoktaëder nicht genauer bestimmen.

§. 75. **Combinationen der Triakisoktaëder.**

Herrschen sie vor, so stumpfen die Oktaëderflächen ihre dreiflächigen (hexaëdrischen) Ecken, die Würfelflächen ihre achtflächigen (oktaëdrischen) Ecken, die Dodekaëderflächen ihre oktaëdrischen Kanten gerade ab.

An dem vorherrschenden Würfel bringt ein Triakisoktaëder eine dreiflächige Zuspitzung der Würfelecken hervor; die Zuspitzungsflächen sind auf den Kanten des Würfels gerade aufgesetzt (Unterschied von der dreiflächigen Zuspitzung der Würfelecken durch ein Ikositetraëder, §. 71). An dem vorherrschenden Oktaëder bringt ein Triakisoktaëder eine Zuschärfung der Oktaëderkanten hervor; an dem vorherrschenden Dodekaëder eine dreiflächige Zuspitzung der hexaëdrischen (dreiflächigen) Dodekaëderecken, die Zuspitzungsflächen sind auf den Dodekaëderflächen gerade aufgesetzt.

Die Triakisoktaëderflächen stumpfen die Combinationsecken, die durch Würfel und Oktaëder (Fig. 76) gebildet werden, schief ab; sie stumpfen die Combinationskanten zwischen dem Dodekaëder und dem Oktaëder (z. B. in Fig. 84) schief ab. So zeigt sich, selten, der Bleiglanz.

Die Kanten AB eines Triakisoktaëders (Fig. 94) liegen in der Richtung von einem oktaëdrischen zu einem hexaëdrischen Eck; in derselben Richtung liegen diejenigen Diagonalen auf den Flächen der Ikositetraëder, welche die einzelnen Winkel verbinden (vgl. § 70). Damit diese Kanten AB des Triakis-

oktaëders abgestumpft werden, muss sich ein Ikositetraëder damit combiniren; welches, ist verschieden je nach der Art des Triakisoktaëders (je nach dem Werthe von m in der allgemeinen Triakisoktaëderformel mO).

Die Höhenlinien*) der Triakisoktaëderflächen gehen in der Richtung von der Mitte zwischen zwei Axen (von dem Punkte, wo ein Eck des Mittelkrystalls liegt, §. 63) nach einem hexaedrischen Eck hin; in derselben Richtung liegen die Kanten CB (Fig. 86 oder 87) der Ikositetraëder, und diese Kanten eines Ikositetraëders werden also durch Flächen eines Triakisoktaëders abgestumpft. So stumpfen die Flächen von $^3/_2 O$ diese Kanten an dem Ikositetraëder $2O2$ ab, die Flächen von $2O$ diese Kanten an $3O3$.

§. 76.

Der Formel $a : ma : \infty a$, abgekürzt $mO\infty$, entsprechend können gleichfalls verschiedene einfache Formen existiren, je nach dem verschiedenen Werthe von m. Alle diese Formen — die also die Eigenschaft gemeinsam haben, dass jede ihrer Flächen gehörig vergrössert zwei Axen in ungleichem Abstande vom Mittelpunkte schneidet und mit der dritten Axe parallel geht — werden durch 24 Flächen begrenzt sein; solcher Flächen kann man nämlich von einem Axenende aus 4 (von dem Axenende vorn z. B. eine nach oben, eine nach unten, eine nach rechts und eine nach links hin), von den sechs Axenenden aus also 24 legen.

Die näheren Eigenschaften der Formen $mO\infty$, und wie diese gezeichnet werden, lassen sich in folgender Weise erkennen. Um die Form $2O\infty$ zu zeichnen, construirt man ein Axenkreuz, und markirt daran einfache und doppelte Abstände vom Mittelpunkte, die wir wieder wie vorher (§. 69 und 73) bezeichnen; Fig. 21 zeigt von diesem Axenkreuz nur die nach oben, vorn und rechts gehenden Axen.

Von o aus geht eine Fläche nach $2v$, parallel mit der Axe lr; von v geht eine Fläche nach $2o$, gleichfalls parallel mit lr. Die Durchschnittslinie dieser Fläche muss also auch dieser

*) Die Höhenlinie eines gleichschenkligen Dreiecks ist die aus der Spitze desselben auf die Mitte der Grundlinie gezogene Linie, die Höhenlinie eines gleichseitigen Dreiecks die aus irgend einem Eck auf die Mitte der gegenüberstehenden Seite gezogene Linie.

Axe parallel sein, und sie muss ausserdem durch den Punkt gehen, wo sich die Richtungen $o:2v$ und $v:2o$ schneiden. So erhält man die Lage einer Kante bc.

Von o aus geht auch eine Fläche nach $2r$, parallel mit der Axe von vorn nach hinten; parallel mit derselben Axe geht eine Fläche von r aus nach $2o$; beide bilden eine durch den Schneidungspunkt der Richtungen $o;2r$ und $r:2o$ und parallel mit der Axe von vorn nach hinten gehende Kante cd.

Die Kante cd trifft auf die Kante bc bei c. Die Fläche, die von o aus nach $2v$ geht, wird nach unten durch die Kante bc begrenzt und nach rechts hin durch eine Kante, die von o nach c liegt.

In den Punkt c trifft weiter eine senkrechte Kante, gebildet durch das Schneiden einer Fläche, die von v zu $2r$ geht, mit einer anderen, die von r zu $2v$ geht, welche beide Flächen der senkrechten Axe parallel sind. Die Fläche in der Richtung $v:2o$ und die Fläche $v:2r$ schneiden sich in einer Kante rc, die Flächen $r:2o$ und $r:2v$ in einer Kante rc. So entsteht bei c ein sechsflächiges Eck.

An jedem Punkte auf einer Axe, der im einfachen Abstande vom Mittelpunkte liegt, entsteht hingegen ein vierflächiges, bei o z. B. eins durch Flächen in den Richtungen $o:v$, $o:r$, $o:h$, $o:l$.

Führt man diese Constructionen an einem vollständigen Axenkreuze rundum aus, so findet man, dass die Kante cb nach links hin in einem Eck b endigt, das gleichfalls sechsflächig ist wie c, und das von a nach links eben so weit absteht, als c von a nach rechts entfernt ist. Man findet, dass die Fläche in der Richtung $o:2v$ als ein Dreieck obc auftritt, dass die ganze Figur durch 24 solcher Dreiecke begrenzt ist, und das Ansehen hat, wie es Fig. 95 (Mod. 11) zeigt.

§. 77. Ein ähnliches Ansehen zeigen die anderen Formen $mO\infty$, wo m einen von 2 verschiedenen Werth hat (man hat nur solche beobachtet, wo dieser Werth zu 1 in einem einfachen Verhältniss steht, wo m z. B $^3/_2$, 3, 5 u. s. w. ist; diese Formen werden also durch $^3/_2O\infty$, $3O\infty$, $5O\infty$ bezeichnet, während für die eben beispielsweise construirte das Zeichen $2O\infty$ gilt: $2O\infty$ und $3O\infty$ kommen am häufigsten vor). Alle sehen Würfeln ähnlich, auf deren Flächen vierseitige Pyramiden aufgesetzt sind. Man nennt alle solche Formen

Tetrakishexaëder (Viermal-Sechs-Flächner), auch hexaëdrische Trigonal-Ikositetraëder, Pyramidenwürfel, Fluoroide.

Sie sind begrenzt durch 24 gleichschenklige Dreiecke; es sind in diesen

bei	der einzelne ebene Winkel	die gleichen ebenen Winkel
$2O\infty$	83°38′	48°11′
$3O\infty$	86°59′	46°30′.

Sie haben 14 Ecken von zweierlei Art: 6 vierflächige, gleichkantige, oktaëdrische Ecken A (Fig. 95), durch welche die Axen hindurchgehen; 8 sechsflächige, symmetrische, hexaëdrische Ecken B.

Sie haben 36 Kanten, die gleichfalls zweierlei Art sind; 12 längere, BB, verbinden die hexaëdrischen Ecken und liegen also gerade so wie Würfelkanten; 24 kürzere, AB, verbinden die oktaëdrischen mit den hexaëdrischen Ecken. In den ersteren stossen zwei Flächen mit den Grundlinien, in den letzteren mit den gleichen Schenkeln an einander.

Die allgemeine Formel für die Tetrakishexaëder $mO\infty$ $(a:ma:\infty a)$ bildet einen Uebergang zwischen den Formeln des Dodekaëders und des Würfels, $O\infty$ und $\infty O\infty$ $(a:a:\infty a$ und $a:\infty a:\infty a)$. Die Tetrakishexaëder stehen selbst hinsichtlich ihres Habitus zwischen diesen beiden Formen; je näher $m=1$, um so mehr werden je zwei an einer Kante BB liegende Flächen in eine Ebene zusammenfallen und der Krystall das Ansehen eines Dodekaëders bekommen; um je grösser m, um so mehr werden je vier um ein oktaëdrisches Eck liegende Flächen in eine Ebene zusammenfallen und der Krystall das Ansehen eines Würfels erhalten.

An den häufiger vorkommenden Tetrakishexaëdern sind die Flächen zu einander geneigt:

bei	in den Kanten BB	in den Kanten AB
$2O\infty$	143°8′	143°8′
$3O\infty$	126°52′	154°9′.

Bei dem ersteren Tetrakishexaëder sind also die Flächen in den zweierlei Kanten unter demselben Winkel zu einander geneigt; es macht dies die Kanten indess noch nicht gleich, denn die zweierlei Kanten haben verschiedene Lage (eine Art

liegt zwischen je zwei sechsflächigen, die andere
einem vierflächigen und einem sechsflächigen Eck).

Die Tetrakishexaëder finden sich an künstlichen
äusserst selten, und dann nur untergeordnet; an der
Schwefelantimon-Schwefelnatrium (dem Schlippe's
zeigen sich bisweilen Tetrakishexaëderflächen (vgl. §.
an Chlornatrium- (Steinsalz-) Krystallen bilden sich
feuchter Luft aus (§. 78). — Flächen von der Lage
kishexaëderflächen, aber nur in halber Anzahl, find
anderen chemischen Präparaten etwas häufiger; ihr V
wird später erörtert werden (§. 115 und 116). — In de
reich finden sich $2O\infty$ und $3O\infty$ selbstständig, e
Gold und Kupfer, letzteres am Flussspath.

§. 78. Combinationen der Tetrakishexaëder

Es wird nach dem Vorhergehenden kaum nöth
zugeben, welche Veränderungen das Auftreten des
Würfels oder Dodekaëders an einem vorherrschen
kishexaëder hervorbringt. An dem Würfel bringt
kishexaëder Zuschärfung der Würfelkanten hervor;
bination $\infty O\infty . 3O\infty$ (Fig. 96) findet sich am
eine ganz ähnliche, $\infty O\infty . 2O\infty$, entsteht, wenn
salzwürfel feuchter Luft aussetzt, wo das Salz vorzu
den Kanten in der Art zerfliesst, dass Flächen von
stehen.

Wo sich einzelne Flächen eines Tetrakishexaëd
zeigen, lässt sich manchmal der Werth von m sehr
stimmen, wenn nämlich Flächen eines Ikositetraë
zugleich vorkommen. Die Kanten AC eines Ikos
mOm (Fig. 86 oder 87) gehen in der Richtung vo
stande (von dem Mittelpunkte) a auf einer Axe
$m$fachen Abstande auf einer anderen Axe (vgl. §. 6
selben Richtung gehen die Flächen eines Tetraki
$a:ma:\infty a$ oder $mO\infty$, so dass bei Combination die
jene Kanten abstumpfen. §. 72 wurde die an dem
kommende Combination $O . \infty O\infty . \infty O . 2O2$ (Fig. 9
ben, und angegeben, wie man das hier vorkommen
traëder als $2O2$ erkennt; Fig. 97 stellt diese Form
noch hinzugekommenen Flächen von $2O\infty$ (diese

wechselnd schattirt und mit $+\frac{2O\infty}{2}$ und $-\frac{2O\infty}{2}$ bezeichnet, aus Gründen, die später, §. 116, angegeben werden; worauf zunächst keine Rücksicht zu nehmen ist). Als einer Form $mO\infty$ angehörig, werden diese Flächen leicht daran erkannt, dass sie die Combinationskanten zwischen $\infty O\infty$ und ∞O abstumpfen; als zu $2O\infty$ gehörig daran, dass jede solche Fläche mit den zwei anliegenden Flächen $2O2$ parallele Combinationskanten bildet, also die durch diese Flächen $2O2$ hervorzubringende Kante abstumpfen würde.

§. 79. Es bleibt noch übrig, die einfache Form kennen zu lernen, welche nach der Formel mOn oder $a:ma:na$ gebildet ist, d. h. die, von deren Flächen jede gehörig vergrössert die drei Axen messbar weit vom Mittelpunkte, aber alle drei verschieden weit davon, schneidet. Auch von dieser Form sind, je nach dem Werthe von m und von n, verschiedene Arten möglich, aber auch hier sind an den wirklich vorkommenden Formen der Art m und n stets Zahlen, die unter sich und zu 1 in einem einfachen Verhältniss stehen.

Die Formen mOn müssen durch 48 Flächen begrenzt sein. Von jedem Axenende aus kann man nämlich nach jedem der 4 anstossenden Oktanten 2 Flächen in der durch die Formel angedeuteten Richtung legen (z. B. von dem Axenende vorn nach dem Oktanten oben vorn rechts eine Fläche, die von dem einfachen Abstande auf der Axe vorn nach dem $m$fachen Abstande auf der Axe rechts und nach dem $n$fachen Abstande auf der Axe oben hingeht, und eine zweite, die von dem einfachen Abstande auf der Axe vorn nach dem $n$fachen Abstande auf der Axe rechts und nach dem $m$fachen Abstande auf der Axe oben hingeht), d. h. 8 im Ganzen, und an die 6 Axenenden legen sich also $6 \times 8 = 48$ Flächen an.

Als Beispiel für die nähere Erkenntniss und die Zeichnung solcher Formen diene die Construction der Form $3O^3/_2$ $(a:{}^3/_2 a:3a)$.

Man markirt auf einem Axenkreuz einfache, anderthalbfache und dreifache Abstände, die wir dem Vorhergehenden (§. 69, 73, 76) entsprechend mit o, ${}^3/_2 o$, $3o$ u. s. w. bezeichnen. Fig. 22 giebt von diesem Axenkreuz wieder nur die Axenarme nach oben, vorn und rechts.

Eine Fläche geht von o in der Richtung nach $^3/_2 v$ und $3r$ sie bildet mit der Fläche $o : {}^3/_2 v : 3l$ in dem (in Fig. 22 nicht gezeichneten) Oktanten oben vorn links eine Kante in der Richtung $o : {}^3/_2 v$.

Diese Fläche $o : {}^3/_2 v : 3r$ schneidet sich ferner mit einer Fläche $o : 3v : {}^3/_2 r$ in einer Richtung oa, die nämlich durch o und den Kreuzungspunkt der Richtungen $^3/_2 v : 3r$ und $3v : {}^3/_2 r$ geht.

Diese Fläche $o : {}^3/_2 v : 3r$ schneidet sich endlich mit einer Fläche $v : {}^3/_2 o : 3r$ in der Richtung $b : 3r$, wo b der Kreuzungspunkt der Richtungen $o : {}^3/_2 v$ und $v : {}^3/_2 o$ ist.

Auf diese Art ist die Begrenzung Einer Fläche, d. h. welche Kanten sie bildet, gefunden. Führt man diese Construction für alle anderen Flächen aus (in den Oktanten vorn oben rechts kommen ausser der eben gezeichneten $o : {}^3/_2 v : 3r$ noch fünf andere zu liegen), so erhält man als Endresultat eine Gestalt $3O^3/_2$, wie sie Fig. 98 (Mod. 12) darstellt.

§. 80. Alle solche Formen nennt man

Hexakisoktaëder (Sechsmal-Acht-Flächner),

auch Achtundvierzig-Flächner, Tetrakontaoktaëder, Adamantoide u. a. — Ausser dem Fig. 98 (Mod. 12) dargestellten Hexakisoktaëder $3O^3/_2$ kommen noch mehrere andere vor, $4O^4/_3$, $2O4$ u. a. — Fig. 354 zeigt $2O4$.

Die Hexakisoktaëder sind von 48 ungleichseitigen Dreiecken begrenzt; die ebenen Winkel derselben sind (vgl. Fig. 98)

bei	A	B	C
$3O^3/_2$	36°49′	56°15′	86°56′
$2O4$	39°48′	54°22′	85°50′.

Sie haben 26 Ecken, von dreierlei Art: 6 achtflächige symmetrische, oktaëdrische Ecken A, durch welche die Axen hindurchgehen; 8 sechsflächige, symmetrische, hexaëdrische Ecken B; 12 vierflächige, symmetrische Ecken C, welche liegen wie die Ecken des Mittelkrystalls.

Sie haben 72 Kanten, gleichfalls von dreierlei Art: 24 Kanten AC, welche die oktaëdrischen mit den vierflächigen Ecken verbinden und der Lage nach den Kanten AC an den Ikositetraëdern (Fig. 86 und 87) entsprechen; 24 Kanten BC, welche die hexaëdrischen mit den vierflächigen Ecken verbinden und der Lage nach den Kanten BC der Ikositetraëder entsprechen.

24 Kanten AB, welche die oktaëdrischen mit den hexaëdrischen Ecken verbinden und der Lage nach den Kanten AB der Triakisoktaëder (Fig. 94) entsprechen.

Die Hexakisoktaëderflächen sind zu einander geneigt:

bei	in den Kanten AC	BC	AB
$3\,O^3/_2$	149°0′	158°13′	158°13′
$2\,O4$	154°47′	144°3′	162°15′.

Die Hexakisoktaëder zeigen sich an künstlichen Krystallen äusserst selten, und dann nur sehr untergeordnet; so tritt eins derselben manchmal an Alaun auf, der aus salzsäurehaltiger Lösung krystallisirt war, und an welchem fast alle einfachen holoëdrischen Formen des regulären Systems beobachtet worden sind. In dem Mineralreich findet sich ein Hexakisoktaëder selbstständig bei dem Diamant, wo aber die Krümmung der Flächen nähere Bestimmung verhinderte; $2\,O4$ manchmal sehr vorwaltend am Flussspath, $3\,O^3/_2$ am Granat.

§. 81.

Von den

Combinationen der Hexakisoktaëder

wollen wir hier nur einige der wichtigeren namentlich hervorheben.

An dem vorherrschenden Oktaëder bildet ein Hexakisoktaëder achtflächige Zuspitzungen der Oktaëderecken. Fig. 99 zeigt die Combination $O.\,3\,O^3/_2$; dieser ähnlich ist das Auftreten der Hexakisoktaëderflächen am Alaun, wo indess die Beschaffenheit dieser Flächen eine genauere Bestimmung des Hexakisoktaëders bisher nicht zuliess; die Combinationskanten zwischen mOn und O gehen hier den Höhenlinien der Oktaëderflächen (§. 75) parallel.

Der Flussspath zeigt manchmal bei vorherrschendem Würfel das Hexakisoktaëder $2\,O4$; die Flächen desselben bilden dann sechsflächige Zuspitzungen der Würfelecken (Fig. 100). Selten herrscht in dieser Combination das Hexakisoktaëder vor, so dass die vierflächigen Ecken desselben und Stücke der Kanten CA (Fig. 98) sichtbar sind; das Ansehen ist dann das des Hexakisoktaëders $2\,O4$ (Fig. 354), wenn man sich die oktaedrischen Ecken desselben stark abgestumpft denkt. — Auch andere Hexakisoktaëder kommen, aber selten und sehr untergeordnet, in dieser Combination an dem Flussspath vor.

An der Combination $\infty O.2O2$ (Fig. 85) treten bei dem Granat manchmal Flächen von Hexakisoktaëdern, $3O^3/_2$ oder $4O^4/_3$ auf, und stumpfen die Combinationskanten zwischen dem Dodekaëder und dem Ikositetraëder $2O2$ ab.

§. 82. Die Formel des Hexakisoktaëders mOn lässt sich als die allgemeine Formel für alle holoëdrischen Gestalten des regulären Systems betrachten, alle Formeln für die anderen Gestalten als specielle Fälle derselben. So wird für $m = n$ diese Formel zu mOm, dem Zeichen der Ikositetraëder, so für $m = n = 1$ zu O, dem Zeichen des Oktaëders.

Tafel XVII. (Fig. 352—358) giebt die 7 einfachen holoëdrischen Formen des regulären Systems (dass andere als diese im Vorhergehenden besprochenen, nicht existiren können, wurde §. 59 gezeigt) in ein Schema zusammengestellt, welches die Verhältnisse der Formen zu einander, ihre Uebergänge in einander, anschaulich macht. Den Mittelpunkt dieses Schema's nimmt die allgemeinste Form, mOn, ein; je nachdem m und n besondere Werthe erhalten, entstehen daraus die anderen Formen, z. B. für den Fall, dass $n = 1$, das Triakisoktaëder mO, für den Fall, dass ausserdem $m = \infty$, das Dodekaëder ∞O. Die Eckpunkte des Dreiecks, in welches sich die sechs anderen Formen stellen lassen, nehmen diejenigen ein, welche einzig in ihrer Art sind (vgl. §. 68): Oktaëder, Würfel, Dodekaëder. In die Mitten der Seiten des Dreiecks kommen diejenigen einfachen Formen, welche verschiedenen Habitus haben können und die Uebergänge zwischen den genannten drei einzelnen Formen bilden. Diese Uebergänge wurden §. 70, 74 und 77 besprochen; der Anfänger wird wohl thun, sie mit Betrachtung des Schema's durchzugehen und zu suchen, welche Flächen in eine Ebene, welche Kanten in eine gerade Linie zusammenfallen, wenn die Formen mOm, mO, $mO\infty$ in eine der einzelnen Formen übergehen, oder wenn das Hexakisoktaëder mOn in eine der sechs anderen Formen übergeht (wenn in dem letzteren z. B. $m = n = \infty$, oder $m = \infty$ u. s. f. wird).

Unvollkommenheiten der wirklichen Krystalle. Verzerrungen derselben.

Es ist von dem grössten Nutzen für den Anfänger, die §. 83.
durch das Vorhergehende gewonnene Erkenntniss bestimmter einfacher Formen und ihrer Combinationen sofort praktisch anwenden zu lernen, d. h. sich in der Bestimmung wirklicher Krystalle, welche diese Formen zeigen, zu üben. Zu solchen Uebungen eignet sich für den Chemiker vorzüglich der gewöhnliche (Thonerde-Kali-) Alaun, den man aus neutraler Lösung, aus mit Salzsäure versetzter, und aus mit Aetzkali versetzter Lösung krystallisiren lasse, sodann der Chromalaun, das salpetersaure Bleioxyd (an welchem indess manchmal Flächen vorkommen, die im Vorhergehenden noch nicht erklärt sind), und ähnliche leicht zu habende unter den Substanzen, welche am Ende dieses Abschnitts (§. 122—136) als in den bisher besprochenen Formen krystallisirend aufgeführt werden.

Man wird bei solchen Uebungen sogleich sehen, dass die natürlichen Krystalle oft sehr abweichend von der sogenannten idealen Form sind, d. h. nicht in der Symmetrie und Vollständigkeit ausgebildet, wie dieses bisher immer bei der Beschreibung und Zeichnung, eben so wie bei den Modellen, vorausgesetzt wurde. Die natürlichen Krystalle sind oft unvollkommen, oft verzerrt ausgebildet.

Unvollkommen sind sie meistens schon in der Art ausgebildet, dass sie auf irgend einer Fläche aufgewachsen sind, und also an der Berührungsstelle mit der Unterlage in der freien Ausbildung gehindert wurden. Oft sieht man von einem Krystalle nur ein Stück, indem Alles, was von dem idealen Krystall nicht beobachtet wird, jenseits der Aufwachsungsfläche liegen müsste. So sieht man oft von Oktaëdern nur Stücke, z. B. an dem Oktaëder Fig. 103 nur die Fläche oben vorn rechts vollständig ausgebildet, die anderen aber unvollkommen, weil der Krystall mit der Fläche *abcdef* aufgewachsen ist und so Alles an ihm fehlt, was an dem idealen Krystalle unterhalb dieser Fläche ist. So krystallisirt das salpetersaure Bleioxyd häufig in Formen, die ein Stück des Mittelkrystalls zwischen Oktaëder und Würfel (Fig. 75) darstellen; Fig. 101 zeigt in den

stärker ausgezogenen Linien, welche Kanten des Krystalls in Wirklichkeit zu sehen sind; mit der Fläche *abcdef* ist er aufgewachsen, und Alles, was an dem idealen Krystalle jenseits dieser Fläche liegt, fehlt an dem natürlichen.

Es ist in solchen Fällen oft von Wichtigkeit für die deutliche Beschreibung, anzugeben, parallel welcher Krystallfläche ein Krystallfragment aufgewachsen ist; die in den zwei vorhergehenden Beispielen beschriebenen Krystallfragmente erscheinen aufgewachsen mit einer Fläche, die einer Oktaëderfläche parallel ist.

§. 84. Aber auch wenn sich alle Flächen an einem Krystall vorfinden, erscheint er oft in sehr abweichender Gestalt von der idealen. Diese Verzerrungen, welche ein Krystall zeigt, lassen sich so von der idealen Form ableiten, dass man an dieser gewisse Flächen parallel mit sich selbst dem Mittelpunkte des Krystalls genähert oder von ihm entfernt denkt; man sagt dann, der Krystall sei in diesen Richtungen verkürzt oder verlängert.

So kommt der Würfel vor, verkürzt in der Richtung einer Axe (so z. B. bei dem Bromkalium), als anscheinende quadratische Tafel; verlängert in der Richtung einer Axe (so z. B. bei dem Chlorkalium) als anscheinende quadratische Säule, ähnlich wie Fig. 373. So kommt das Oktaëder vor, verlängert in der Richtung einer Kantenaxe, d. i. einer Linie, welche die Mittelpunkte zweier gegenüberliegenden Kanten verbindet, oder was dasselbe ist, verlängert in der Richtung zweier parallelen Oktaëderkanten; Fig. 102 zeigt in den schwächeren Linien die vorderen Kanten eines idealen, in den stärkeren die Gestalt eines so verzerrten Oktaëders, wie es am Chromalaun, am salpetersauren Baryt u. a. vorkommt; in dieser Figur findet die Verzerrung in der Richtung der Kanten von unten nach rechts und von links nach oben Statt; das Oktaëdereck vorn wird zu einer Kante *ab* verzerrt. Ein so verzerrtes Oktaëder scheint eine rhombische Säule zu sein, die an jedem Ende durch zwei dreieckige Flächen zugeschärft ist, welche auf den schärferen Kanten der rhombischen Säule gerade aufgesetzt sind (vgl. §. 268).

So kommt das Rhombendodekaëder vor, verlängert in der Richtung einer Linie, welche zwei gegenüberliegende drei-

flächige (hexaëdrische) Ecken verbindet. In Fig. 124 ist das Dodekaëder so gezeichnet, dass eine solche Linie senkrecht steht; man sieht hier leicht ein, wie ein in der Art verzerrtes Dodekaëder erscheint: als sechsseitige Säule, oben und unten durch drei Flächen zugespitzt, welche auf den abwechselnden Säulenkanten gerade aufgesetzt sind (über die Unterscheidung ähnlicher Formen vgl. §. 215).

§. 85. Nach solchen Linien, welche zwei gegenüberstehende hexaëdrische Ecken verbinden, kommen die regulären Krystalle sehr häufig verzerrt und verändert vor, so dass eine kürzere Benennung dieser Linien angemessen erscheint. Man nennt diese Linien hexaëdrische Axen. Da jede Form des regulären Systems mit hexaëdrischen Ecken acht dergleichen hat, so lassen sich also in jeden solchen Krystall 4 hexaëdrische Axen legen. Ihre Lage zu einander und zu den bisher stets ausschliesslich als Axen betrachteten Richtungen, welche wir jetzt als oktaëdrische unterscheiden wollen*), ergiebt sich aus Fig. 23, wo die schwächeren Linien einen Würfel andeuten, die stärker ausgezogenen die oktaëdrischen, die punktirten die hexaëdrischen Axen. Jede hexaëdrische Axe liegt in der Mitte zwischen drei oktaëdrischen Axen, und ist gegen jede derselben unter einem Winkel von 54°44′ geneigt; je zwei benachbarte hexaëdrische Axen schneiden sich unter einem Winkel von 70°32′.

An allen einfachen holoëdrischen Formen des regulären Systems, mit Ausnahme des Oktaëders, finden sich hexaëdrische Ecken, und für alle diese Formen ist somit die Lage der hexaedrischen Axen leicht zu finden. Aber auch für das Oktaëder ist dies der Fall; die Mittelpunkte der Flächen desselben liegen nämlich, wie hexaëdrische Ecken; bei dem Oktaëder hat man also unter hexaëdrischen Axen Linien zu verstehen, welche die Mittelpunkte zweier entgegengesetzten Oktaëderflächen verbinden; jede hexaëdrische Axe steht senkrecht auf zwei Oktaëderflächen.

Es gewährt für manche Betrachtungen grossen Vortheil, die Getsalten so gezeichnet betrachten zu können, dass nicht

*) Wo bei Formen aus diesem Systeme von Axen ohne nähere Bezeichnung die Rede ist, sind immer die oktaëdrischen gemeint.

wie bisher eine oktaëdrische, sondern eine hexaëdrische Axe die senkrecht stehende ist. Fig. 114 zeigt ein Oktaëder. Fig. 116 ein Hexaëder, Fig. 124 ein Rhombendodekaëder in dieser Stellung. Die Zeichnung dieser Gestalten in dieser Stellung wird erst später bei dem Studium des hexagonalen Systems deutlich werden.

§. 86. In der Richtung einer solchen hexaëdrischen Axe ist nun das Oktaëder oft verkürzt; man kann sich diese Verkürzung vorstellen, als ob senkrecht auf diese hexaëdrische Axe (parallel mit einer Oktaëderfläche) von beiden Seiten her Stücke von dem idealen Oktaëder abgeschnitten wären. Fig. 104 und 105 stellen ein solches in der Richtung einer hexaëdrischen Axe verkürztes Oktaëder dar; Fig. 103 zeigt, durch welche Schnitte parallel mit der Oktaëderfläche oben rechts vorn aus dem idealen Oktaëder solche Gestalten wie Fig. 104 und 105 herausgebracht werden. Die verschiedenen Arten von Alaun geben für das Vorkommen dieser Gestalten häufige Beispiele.

Die Verzerrungen der verschiedenen einfachen Formen lassen sie also in sehr verschiedenem Grade von der idealen Gestalt abweichend erscheinen. Ist ein Würfel in der Richtung einer oktaëdrischen Axe verkürzt oder verlängert, d. h. erscheint er als quadratische Tafel oder Säule, so ist er doch immer noch durch sechs viereckige Flächen begrenzt. Ist aber z. B. ein Oktaëder in der Richtung einer hexaëdrischen Axe verkürzt, so umschliessen es nicht mehr wie bei der idealen Gestalt acht dreieckige Flächen, sondern sechs viereckige und zwei sechseckige (Fig. 104).

Die Verzerrung jeder Form durch Verlängerung oder durch Verkürzung in einer bestimmten Richtung lässt sich immer betrachten als auf Verschiebung von Flächen parallel mit sich selbst beruhend. Aber die Lage der Flächen gegen einander, die Winkel, unter welchen sie zu einander geneigt sind, werden durch diese Verschiebung, also durch die Verzerrung, nicht geändert. Eine verzerrte Gestalt ist eine solche, bei welcher gleichnamige Flächen nicht sämmtlich gleichweit vom Mittelpunkte abstehen, was bei einer idealen Gestalt stets der Fall ist. Man kann sagen, dass bei einer idealen einfachen Gestalt die absolute Lage aller Flächen dieselbe ist, indem alle Flächen gleichweit vom Mittelpunkte abstehen und die Axen alle

in demselben absoluten Abstande vom Mittelpunkte schneiden; bei einer verzerrten einfachen Gestalt ist nur die relative Lage der Flächen immer dieselbe, aber nicht die absolute; von den Flächen an Fig. 104 schneidet jede einzelne die drei Axen gleichweit vom Mittelpunkte, aber die vergrösserten (sechseckigen) Oktaëderflächen gehen in einem geringeren Abstande vom Mittelpunkte durch die Axen, als die kleineren (viereckigen) Oktaëderflächen.

Bei den verzerrten einfachen Formen muss man immer §. 87. wohl unterscheiden zwischen den Kanten, welche eigentliche Kanten der idealen Form sind, und denjenigen Kanten, welche nur verzerrte Ecken sind. So ist die Kante *ab* in Fig. 102 ein verzerrtes Oktaëdereck; so sind die Kanten *ab*, *cd*, *ef* in Fig. 104 und Fig. 105 verzerrte Oktaëderecken, während die Kanten *bc*, *de*, *fa* wirkliche Oktaëderkanten sind. Die Unterscheidung ist wichtig, denn die ersteren Kanten (die verzerrten Oktaëderecken) werden durch Würfelflächen, die letzteren (die eigentlichen Oktaëderkanten) durch Dodekaëderflächen abgestumpft.

An einem so verzerrten Oktaëder erscheinen dann die Würfelflächen als rectanguläre längliche Vierecke, während sie an einer idealen Combination des Oktaëders mit dem Würfel als Quadrate erscheinen. So kann eine Combination verzerrt sein, indem die Grundform verzerrt ist, deren gleichnamige Stellen nun in gleicher Weise verändert werden. Aber eine Combination kann auch noch viel mehr verzerrt erscheinen, indem zwei verzerrte einfache Formen mit einander in Combination treten. So kann ein in der Richtung einer oktaëdrischen Axe verlängerter Würfel mit einem Oktaëder in Combination treten; ist letzteres auch sehr regelmässig ausgebildet und haben auch beide Formen denselben Mittelpunkt, so wird doch eine verzerrte Combination entstehen, indem die Flächen des zur Säule verlängerten Würfels nur 4 Ecken des Oktaëders abstumpfen werden, 2 sich gegenüberliegende aber nicht. Ist auch das Oktaëder verzerrt, so kann die Combination noch unregelmässiger ausgebildet erscheinen, und endlich noch können die sich combinirenden Formen über verschiedene Mittelpunkte construirt sein.

Wenn natürliche Krystalle, welche einfache Formen sind,

verzerrt erscheinen, so lässt sich dieses also immer betrachten als auf ungleichem Abstande einzelner Flächen von dem Mittelpunkte beruhend. Die Verzerrung solcher Krystalle, welche Combinationen sind, lässt sich in derselben Weise betrachten, nur kann sie in mancherlei Art ausgesprochen sein: 1) in einer Verzerrung der Grundform und einer schon dadurch bedingten Veränderung der Gestalt der Abänderungsflächen (verzerrte Oktaëder mit rectangulären Würfelflächen, die an der idealen Combination als Quadrate erscheinen); 2) in sehr verschieden starkem Auftreten gleichnamiger Abänderungsflächen an gleichnamigen Theilen der Grundform (an demselben Krystall von Alaun findet man einige Oktaëderecken stark abgestumpft, andere sehr schwach); 3) in nur theilweisem Auftreten von Abänderungsflächen (an einem oktaëdrischen Alaunkrystall sieht man oft eine oder einige Kanten durch Dodekaëderflächen abgestumpft, andere nicht).

Es ist nicht genug anzurathen, dass ein Anfänger sich an dem Bestimmen solcher verzerrter Formen (und alle in der Natur vorkommenden Krystalle sind mehr oder weniger verzerrt) so viel als möglich übe. Es lässt sich keine Anleitung dazu geben, an jeder Form jede Fläche richtig zu bestimmen, sondern durch Uebung muss die Anwendung der theoretischen Kenntniss erlernt werden. Das hauptsächlichste Hülfsmittel bei der Bestimmung giebt die Berücksichtigung ab, welchen Kanten oder Linien der Grundform bestimmte Combinationskanten parallel laufen; in dem Vorhergehenden ist, wo dies nöthig war, bei den Combinationen diese Lage der Combinationskanten angegeben.

Die Mannichfaltigkeit des Ansehens, mit welchem eine Combination derselben Gestalten, je nach dem Vorherrschen einer oder der anderen Form oder je nach der Art der Verzerrung, sich zeigen kann, macht es unthunlich, sie in allen ihren verschiedenen Arten des Aussehens zu beschreiben. Nur wenige Beispiele von auffallenderen Verzerrungen mögen deshalb hier angeführt werden, und zwar solche, die sich leicht darstellen lassen.

§. 88. Chromalaun krystallisirt häufig in Fragmenten eines Oktaëders, wie Fig. 105 zeigt, mit der Fläche *abcdef* auf-

gewachsen; oben ist dann eine (in der Figur nach unten gedrehte) Oktaëderfläche dreieckig und vollständig ausgebildet.

Legt man diesen Krystall in ein wenig Wasser, so dass er mit der dreieckigen grösseren Oktaëderfläche auf dem Boden des Gefässes aufliegt, so wird er oben am stärksten angegriffen, und die Kanten *ab*, *bc*, *cd*, *de*, *ef*, *fa* durch Auflösung weggenommen. Verdunstet dann die Flüssigkeit, so bilden sich hier wieder scharf begrenzte Flächen aus; der Krystall nimmt die Form Fig. 106 an, wo die drei (bei der angegebenen Lage des Krystalls im Gefäss) nach oben stehenden zu Kanten verzerrten Oktaëderecken (in der vorhergehenden Figur sind sie mit *ab*, *cd*, *ef* bezeichnet) durch Würfelflächen ersetzt sind, die sich meist in einem Punkte berühren. Noch häufiger treten auch Dodekaëderflächen auf, welche dann die drei Ecken, worin zwei Würfelflächen mit zwei Oktaëderflächen zusammenstossen, abstumpfen und als rechtwinklige Vierecke erscheinen (Fig. 107). Der Anfänger vergleiche diese verzerrten Formen mit den idealen Gestalten dieser Combinationen; Fig. 106 mit 75, 107 mit 83.

In anderer Weise verzerrt erscheint der Chromalaun manchmal durch das Vorherrschen von 4, in Einer Zone (§. 50) liegenden, Dodekaëderflächen. Das Oktaëder ist alsdann an 4 seiner Kanten abgestumpft durch 4 Dodekaëderflächen (Fig. 108; sie zeigt nur die vorderen Kanten), welche vorherrschen, indess selten ganz gleich stark ausgebildet sind. Diese 4 Flächen geben dem Krystall den Habitus einer oben und unten vierflächig zugespitzten quadratischen Säule; um die Verzerrung deutlich einzusehen, hat man sich zu erinnern, dass die senkrechte Kante vorn, welche durch die zwei in der Figur sichtbaren Dodekaëderflächen gebildet wird, nur ein verzerrtes oktaëdrisches Eck des Dodekaëders ist (eine solche Kante entsteht nämlich, wenn man sich in Fig. 80 die zwei von links und von rechts nach vorn gehenden Dodekaëderflächen wachsend denkt); ein so verzerrtes oktaëdrisches Eck wird dann oft noch, wie in Fig. 108, durch eine Würfelfläche abgestumpft.

Sehr verzerrt sind oft die Krystalle des Chlorammoniums. An diesem zeigt sich manchmal das Ikositetraëder 202 stark verzerrt durch vorzugsweise Ausbildung in der Richtung einer hexaëdrischen Axe, wie Fig. 424 zeigt (es ist hier das, grösserer

Deutlichkeit halber noch einmal in regelmässiger Ausbildung eingezeichnete, Ikositetraëder $2O2$ verzerrt in der Richtung der von unten hinten links nach oben vorn rechts sich erstreckenden hexaëdrischen Axe, und die so verzerrte Krystallgestalt erhält das Ansehen einer vorzugsweise durch ein hexagonales Prisma begrenzten Form). — An Chlorammonium, das aus sogenanntem Gaswasser (der bei der Darstellung von Leuchtgas erhaltenen Flüssigkeit) dargestellt ist, finden sich oft von den 24 Flächen eines Ikositetraëder $3O3$ nur 8 ausgebildet, welche an dem horizontalen Schnitt durch den Mittelpunkt der Krystallform (die letztere mit einer oktaëdrischen Axe in senkrechter Richtung gestellt gedacht) abwechselnd nach oben und nach unten liegen (Fig. 425; an dem hier eingezeichneten regelmässig ausgebildeten Ikositetraëder sind die 4 vorderen Flächen, welche in die Verzerrung übergehen, durch das Zeichen + bezeichnet). An anderen solchen Krystallen kommt eine ganz gleiche Verzerrung des sich äusserst selten findenden Ikositetraëders $^5/_2O^5/_2$ vor, und an vielen ist sogar der obere Theil aus einer solchen Verzerrung von $3O3$, der untere aus einer von $^5/_2O^5/_2$ gebildet.

Es sind hauptsächlich solche Verzerrungen, welche zu Verwechselungen von Krystallformen und zu falschen Angaben darüber Anlass geben. In dem Vorhergehenden wurde bereits auf die am leichtesten vorkommenden Verwechselungen der bisher besprochenen Krystallformen verwiesen; die Erörterung derselben wird vorzugsweise die Vergleichung anderer Gestalten mit solchen Verzerrungen zum Gegenstande haben.

Zusammenwachsungen einzelner Krystalle. Streifung.

§. 89. Sehr häufig beobachtet man an krystallisirten Substanzen nicht einzelne Krystalle ausschliesslich, sondern Aggregate von Krystallen, Zusammenwachsungen derselben. Solche Zusammenwachsungen können regelmässiger und unregelmässiger Art sein.

In Beziehung auf letztere lässt sich nichts Bestimmtes angeben, da zwei Krystalle in jeder Richtung unregelmässig mit einander verwachsen sein können (die Masse des einen durch

die des anderen in der freien Begrenzung gehindert wird und nun diese umschliesst). Am Boden eines mit krystallisirender Alaunlösung gefüllten Gefässes liegt z. B. ein Alaunkrystall; an der Oberfläche der Flüssigkeit bildet sich ein kleinerer, zuerst schwimmender, Krystall aus, der allmälig so gross und schwer wird, dass er in der Flüssigkeit herabsinkt. Es ist jetzt ganz zufällig, in welcher Richtung er auf den unteren Krystall zu liegen kommt, und in welcher Richtung er mit ihm verwächst; es findet so eine unregelmässige Verwachsung statt.

Andererseits findet man oft (regelmässig oder verzerrt ausgebildete) Krystalle regelmässig zusammengewachsen. So beobachtet man am Alaun nicht selten Aggregate von Krystallen wie Fig. 109 oder noch häufiger wie Fig. 110, welche Verwachsung in der mannichfaltigsten Art abgeändert sein kann. Hier sind mehrere Oktaëder in paralleler Stellung verwachsen.

Chlornatrium krystallisirt häufig in der Art, dass vier zu §. 90.
Säulen verzerrte Würfel (oder vier solche Aggregate von Würfeln, dass jedes eine Säule darstellt) sich an einander legen und eine Art viereckigen Rahmen, der inwendig leer ist, bilden, Fig. 111a. Solche Aggregate krystallisiren dann meist weiter so zusammen, dass sich auf einen grösseren Rahmen successive kleinere aufsetzen; es entsteht eine hohle viereckige Pyramide, Fig. 111b, die nur durch Würfel gebildet ist, und sehr verschieden spitz oder stumpf zulaufen kann; umgedreht zeigt sie die sogenannte Trichterform, Fig. 111c.

Mit solchen Pyramiden, welche durch Aggregation von Würfeln entstehen, darf man nicht die verwechseln, welche durch Zusammenhäufung von Oktaëdern gebildet werden. Fig. 112a stellt die äussersten Umrisse einer Pyramide der letzteren Art dar, welche auch mehr oder weniger spitz sein kann und deren Entstehung sich durch Erinnerung an Fig. 109 leicht erklärt; die in Fig. 112a glatt gezeichneten Flächen sind indess in Wirklichkeit stets durch Oktaëderkanten, die sich überall unter Bildung gleichseitiger Dreiecke schneiden, uneben gemacht. Eine solche durch Aggregation von Oktaëdern entstandene Pyramide wird von einer aus Würfeln bestehenden leicht in der Art unterschieden, dass man die Basis der Pyramide horizontal stellt, und die sägenförmig eingezackten Kanten betrachtet; bei der aus Würfeln entstandenen wird jede

Einzackung durch eine senkrechte und durch eine wagerechte Linie begrenzt; die Einzackungen der aus Oktaëdern gebildeten Pyramiden sind auch rechtwinklig, aber jeder Schenkel des rechten Winkels ist hier gegen den Horizont schief geneigt.

Solche aus Oktaëdern zusammengesetzte Pyramiden, wie Fig. 112a eine nach den äussersten Umrissen darstellt, zeigt z. B. das Natrium, wenn es geschmolzen, theilweise erkalten gelassen, und das noch Flüssige abgegossen wird. — Aehnliche Gestalten, aber Pyramiden viel spitzerer Art darstellend, findet man zuweilen am Eisen, in Höhlungen von grösseren gegossenen Massen, wie Walzen u. a. Da sind von einem Punkte aus nach drei zu einander rechtwinklig stehenden Richtungen (den drei oktaëdrischen Axen des regulären Systems entsprechend) eine Menge kleiner oktaëdrischer Krystalle zu Nadeln vereinigt; von einzelnen Punkten der Nadeln selbst gehen dann gleichfalls solche Auswüchse, aber kleiner, in der Richtung der drei Axen vor sich. Auch am Kupfer sind solche Aggregate manchmal sehr deutlich wahrnehmbar.

Wenn eine reine wässerige Lösung von Chlorammonium verdunstet, so zeigen sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit kreuzförmige Aggregate von Krystallen, ähnlich Fig. 52a. Es bildet sich nämlich zuerst ein kleines Oktaëder; in der Richtung von zwei Axen desselben, welche in der Horizontalebene der Oberfläche der Flüssigkeit liegen, setzen sich viele kleine Oktaëder in paralleler Stellung an, und bringen die Form Fig. 52a hervor. Von einzelnen dieser Oktaëder aus können sich neue Krystallaggregate erstrecken, welche dann netzförmige Formen bilden wie Fig. 52b und c. Ein solches Netzwerk von Krystallen schwimmt auf der Oberfläche der Flüssigkeit, aber auch in der Richtung der verticalen Oktaëderaxen können sich wiederum Krystalle ansetzen, und die Flüssigkeit mit einem Skelett zusammenhängender kleiner Krystalle durchziehen. Die Aggregate Fig. 52 sind charakteristisch für die Systeme, bei welchen in einer Ebene zwei gleichartige Axen liegen; sie unterscheiden sich wesentlich von Formen, wie Fig. 51, die einem Systeme angehören, bei welchem in einer Ebene drei gleichartige Axen liegen (vergl. §. 237).

Trichterförmige Vertiefungen zeigen sich nicht bloss an der oben beschriebenen Form, Fig. 111, sondern auch massive

Würfel können auf den Flächen solche Vertiefungen zeigen, indem sich nach den Seiten der Flächen hin noch verzerrte Würfel aufsetzen. Aehnlich entstehen trichterförmige Vertiefungen an Oktaëdern, wie 112b dies für eine Fläche deutlich machen soll; so an Platinchlorid-Chlorkalium, an arseniger Säure, die durch Sublimation im krystallisirten Zustande erhalten ist u. a.

§. 91. Wenn die einspringenden Winkel, welche durch die Aggregation von Krystallen in paralleler Stellung hervorgebracht werden, nicht tief einspringen, so können sie oft nur als Streifung erscheinen. Denkt man sich z. B. in Fig. 109 die Zahl der Oktaëder, welche zwischen den beiden vorherrschenden gewissermassen eingeschaltet sind, stark vergrössert, sie selbst aber einander sehr nahe gerückt und nur wenig vorspringend, so wird eine Reihe solcher über einander liegender einwärts und auswärts gehender Oktaëderflächen den Eindruck Einer Fläche hervorbringen. Der Krystall, Fig. 109, wird dann das Aussehen haben, wie ein Oktaëder, dessen 4 horizontale Kanten so stark abgestumpft sind, dass die 4 Abstumpfungsflächen als Säule erscheinen; diese anscheinenden Säulenflächen sind dann horizontal gestreift; die horizontale Streifung erinnert an die Entstehung einer solchen Fläche aus einer Reihenfolge von Oktaëderkanten.

Bei sehr vielen Krystallen nimmt man solche Streifung wahr, und sie erinnert dann an eine Art Structur des ganzen Krystalls, an die Art und Weise, wie man sich ihn aus Krystallen zusammengesetzt denken kann. — Um einen Würfel kann man sich rund herum wieder Würfel angelegt denken, so dass ein grösserer Würfel entsteht; sind die Würfel, welche schalenförmig den Kern umgeben, die Combination $\infty O\infty . 3O\infty$ (Fig. 96), so entsteht zwischen je zwei sich aneinander legenden Würfeln ein einspringender Winkel; das Aggregat der Würfel, welches selbst würfelförmig erscheint, ist dann auf seinen Flächen parallel mit den Kanten gestreift; die Streifungslinien zeigen sich besonders deutlich da, wo sie sich kreuzen, so dass die Diagonalen der Würfelflächen stärker gezeichnet sichtbar sind; Fig. 113a. An dem Flussspath zeigt sich dies oft sehr deutlich.

Diese Richtungen, in welchen die verschiedenen Schichten zusammenstossen, aus welchen man einen grösseren Krystall zusammengefügt betrachten kann, treten oft noch in anderer Weise deutlich hervor. So an dem Chlornatrium, welches in Würfeln krystallisirt und wo ein Krystall als aus einer Menge kleiner Würfel zusammengesetzt sich ansehen lässt; jene Richtungen zeigen sich oft als durchsichtige Linien, während der Krystall sonst matt ist, wie es Fig. 113b für Eine Fläche des Würfels darstellt.

Aehnliches zeigt sich oft bei dem Alaun, wo die Streifung der Flächen parallel den Kanten des Oktaëders auf Zusammenhäufung von Oktaëdern hinweist; eine Bruchfläche, die ungefähr in der Richtung einer Würfelfläche geht, also eine Art viereckiger Basis darstellt, auf welcher ein Eck des Oktaëders mit seinen vier Kanten als Pyramide aufsteht, zeigt gleichfalls häufig die Richtungen, in welchen die verschiedenen Schichten der zusammensetzenden Oktaëder zusammenstossen, als helle durchsichtige Streifen, welche von einer Oktaëderkante zu der gegenüberstehenden ziehen, also als helle Diagonalen jener viereckigen Basis, die im übrigen matter aussieht.

Zwillingskrystalle der holoëdrischen Formen.

§. 92. Die regelmässige Zusammenwachsung findet nicht allein in der Art statt, dass mehrere Krystalle in paralleler Stellung zusammenwachsen, sondern auch bei dem Zusammenwachsen mehrerer Krystalle in nicht paralleler Stellung kann grosse Regelmässigkeit stattfinden; solche regelmässige Zusammensetzungen zweier Krystalle in nicht paralleler Stellung nennt man Zwillingskrystalle.

Die Zwillingskrystalle unterscheidet man als solche mit parallelen und mit nicht parallelen Axensystemen; über den Unterschied beider und die Eigenthümlichkeit der ersteren wird besser erst später (§. 121) gehandelt. Die Zwillingskrystalle jeder dieser Arten können ferner Berührungszwillinge oder Durchkreuzungszwillinge sein.

Betrachten wir zuerst die Zwillingskrystalle mit nicht parallelen Axensystemen, welche Berührungszwillinge sind; es sind hier immer zwei Krystalle so verwachsen, dass sie eine

(an den Krystallen selbst vorkommende oder doch mögliche) Fläche gemeinsam haben, dass aber der eine Krystall gegen den anderen um 180° gedreht erscheint, und zwar um eine Linie als Axe gedreht, welche rechtwinklig auf jener gemeinsamen Fläche steht. Diese gemeinsame Fläche wird Zwillingsfläche (auch Zwillingsäquator oder Verbindungs- oder Zusammensetzungsfläche) genannt, die darauf rechtwinklige Umdrehungslinie Zwillingsaxe.

Die zwei Krystalle, welche so in verdrehter Stellung zusammengewachsen erscheinen, sind meistens nicht vollständig ausgebildet, sondern nur Fragmente eines idealen Krystalls; sehr häufig ist jeder nur die Hälfte eines ganz vollkommen ausgebildeten Krystalls, und dann wird der Zwillingskrystall als Hemitropie unterschieden; er erscheint dann in der Art, als ob ein vollkommen ausgebildeter Krystall parallel einer bestimmten Fläche in der Mitte durchschnitten, und die eine Hälfte gegen die andere um 180° gedreht worden sei.

§. 93. Solche Zwillingsbildungen kommen in dem regulären Systeme in der Art vor, dass die Zwillingsebene einer Oktaëderfläche parallel, die Zwillingsaxe aber eine Linie ist, die auf einer solchen Fläche rechtwinklig steht, also eine hexaëdrische Axe.

So finden sich manchmal an dem salpetersauren Bleioxyd und dem Alaun, in dem Mineralreich häufig an dem Magneteisenstein, dem Spinell u. a., zwei Oktaëderfragmente, von denen jedes die Hälfte eines vollkommenen Oktaëders ist, in dieser Art verwachsen. Fig. 114 zeigt uns ein Oktaëder so gestellt, dass eine hexaëdrische Axe in der Richtung von oben nach unten steht, Fig. 119 ein eben solches in der gewöhnlichen Stellung (so dass eine oktaëdrische Axe senkrecht steht); in beiden Figuren ist durch die punktirten Linien ein Schnitt angedeutet, welcher einer Oktaëderfläche parallel (also rechtwinklig auf eine hexaëdrische Axe, in Fig. 114 rechtwinklig auf die von oben nach unten, in Fig. 119 rechtwinklig auf die von der Fläche oben vorn links nach der unten hinten rechts gehende) das Oktaëder halbirt. Denkt man sich dann die obere Hälfte dieser Oktaëder um 180° gedreht, so entsteht ein Zwillingskrystall, wie ihn Fig. 115 und 120 in den angegebenen zwei Stellungen zeigen.

§. 94. Nach demselben Gesetz bildet der Würfel Berührungszwillinge, die sich auch als Hemitropien bezeichnen lassen. Fig. 116 stellt einen Würfel mit senkrecht gestellter hexaëdrischer, Fig. 121 einen mit senkrecht gestellter oktaëdrischer Axe dar; halbirende Durchschnitte, die einer Oktaëderfläche parallel gehen, sind in beiden Figuren angedeutet; ist die untere Hälfte des Würfels in Fig. 116 oder die Hälfte des Würfels Fig. 121, in welcher der untere Theil der hexaëdrischen, von dem Eck oben vorn rechts nach dem Eck unten hinten links gehenden Axe liegt, um 180° gegen die andere gedreht, so entsteht ein Berührungszwilling, wie Fig. 117 und Fig. 122 in den angegebenen zwei Stellungen zeigen. Er findet sich manchmal an dem gediegenen Silber.

§. 95. An dem Kupfer kommt eine Zwillingsbildung derselben Art vor, die durch ein Tetrakishexaëder $2O\infty$ hervorgebracht wird. Fig. 118 zeigt dieses, mit dem Schnitt, welcher einer Oktaëderfläche parallel und rechtwinklig auf eine hexaëdrische, von dem hexaëdrischen Eck oben vorn rechts nach dem unten hinten links gehende Axe es halbirt; Fig. 123 die durch Umdrehung der unteren Hälfte um 180° entstehende Hemitropie.

§. 96. Die eben besprochenen Zwillinge verrathen sich leicht als solche durch die einspringenden Winkel. Aber es können auch Zwillingsbildungen existiren, denen diese Eigenthümlichkeit mangelt. Dies ist einmal möglich, indem die zwei Krystallfragmente, die den Zwilling zusammensetzen, kleiner sind, als die Hälfte des idealen Krystalls. Sind z. B. die zwei Würfelfragmente, die sich zu der Hemitropie Fig. 117 vereinigen, nicht Würfelhälften, sondern nur Würfelecken, von denen das obere bis *a*, *b*, *c*, das untere bis *d*, *e*, *f* vorhanden ist, so wird bei der hemitropischen Vereinigung solcher zwei Fragmente *a* auf *d*, *b* auf *e*, *c* auf *f* kommen, es wird eine doppelte dreiseitige Pyramide, ohne einspringende Winkel, entstehen, wie sie sich auch bei dem Silber findet.

§. 97. In ähnlicher Weise erscheint die Hemitropie des Tetrakishexaëders $2O\infty$, Fig. 123, manchmal an dem Kupfer als doppelte sechsseitige Pyramide, indem den zwei sich zusammensetzenden Krystallfragmenten die Theile fehlen, welche in Fig. 123 die einspringenden Winkel bilden. Bei dem Tetrakis-

hexaëder $2O\infty$ sind die Flächen in den sechs Kanten, die in einem hexaëdrischen Eck zusammenstossen, unter demselben Winkel geneigt (vergl. §. 77). Die doppelte sechsseitige Pyramide, die auf die angegebene Weise daraus hemitropisch entsteht, erscheint also als eine, deren Basis ein reguläres Sechseck ist. Bei dem Kupfer gab diese Zwillingsbildung Anlass, dass man einzelne Krystalle desselben als nicht dem regulären, sondern dem hexagonalen Systeme angehörig betrachtete.

§. 98. Aber auch wenn beide Krystallfragmente, die den Zwilling zusammensetzen, genau Hälften eines vollkommenen Krystalls sind, können Zwillinge ohne einspringende Kanten entstehen. So bei einer Zwillingsbildung des Rhombendodekaëders, die bei der Zinkblende häufig vorkommt. Fig. 124 zeigt das Dodekaëder mit senkrechter hexaëdrischer, Fig. 129 mit senkrechter oktaëdrischer Axe; in beiden Figuren ist ein den Krystall halbirender Schnitt angedeutet, welcher einer Oktaëderfläche parallel und rechtwinklig auf eine hexaëdrische Axe (in Fig. 124 auf die senkrechte, in Fig. 129 auf die durch die Hexaëderecken oben rechts vorn und unten links hinten gehende) ist. Denkt man sich die untere Hälfte des Dodekaëders um diese Axe um 180° gedreht, so entsteht ein Zwilling, Fig. 125 und Fig. 130, der das Ansehen einer regulär sechsseitigen Säule hat, die nach oben und nach unten durch drei rhombische Flächen zugespitzt ist, und wo je zwei Zuspitzungsflächen, eine obere und eine untere, auf Eine Säulenkante aufgesetzt sind.

§. 99. Diese Zwillingsbildungen, Fig. 115 und 120, 117 und 122, 118 und 123, 125 und 130, wären also zu bezeichnen als Berührungszwillinge des Oktaëders, Würfels, Tetrakishexaëders, Dodekaëders, wo die Zwillingsfläche einer Oktaëderfläche parallel, und die Zwillingsaxe eine hexaëdrische Axe ist.

An den Berührungszwillingen erstreckt sich jedes Krystallfragment nur bis zu der Zwillingsfläche; erstrecken sich die einfachen Krystalle, welche einen Zwilling bilden, über diese Fläche hinaus, so entstehen die Durchkreuzungszwillinge. In dem regulären System kommen besonders häufig solche Durchkreuzungszwillinge des Würfels vor, wie sie Fig. 126, 127, 128 in der Stellung mit einer hexaëdrischen Axe von oben nach unten, Fig. 131, 132, 133 in der Stellung mit einer oktaedrischen Axe von oben nach unten zeigen. Die grösste Regel-

ässigkeit stellen Fig. 126 und 131 dar: zwei gleich grosse Würfel, welche eine hexaëdrische Axe gemeinsam haben, und o der eine Würfel gegen den anderen um 180° gedreht erscheint; an dem Salmiak, wenn er aus harnstoffhaltiger Lösung rystallisirt ist, beobachtet man manchmal Zwillinge, die diesen eichnungen an Regelmässigkeit wenig nachstehen. Häufiger eigt sich diese Zwillingsbildung etwas verzerrt, sei es dadurch, ass die zwei sich durchkreuzenden Würfel nicht wirklich eine exaëdrische Axe ganz gemeinschaftlich haben, sondern dass er eine Würfel aus der idealen Stellung (Fig. 126 und 131) o weggerückt ist, dass seine eine hexaëdrische Axe immer och der einen hexaëdrischen Axe des anderen Würfels paallel steht (Fig. 127 und 132); oder sei es dadurch, dass die wei Würfel zwar Eine hexaëdrische Axe ganz gemeinsam aben, der eine aber kleiner als der andere ist; in diesem etzteren Falle liegen zwei Ecken des kleineren Würfels ganz n der Masse des grösseren, die sechs anderen Ecken erscheinen ls dreiseitige Ecken, die auf den sechs Flächen des grösseren Würfels herausragen (Fig. 128 und 133). Beide verzerrende Jmstände treten häufig gleichzeitig auf; Beispiele dafür findet nan ausser an dem Salmiak auch an dem Jodkalium, dem Chlorkalium u. a.; unter den Mineralien vorzüglich an dem Flussspath und dem Bleiglanz, an dem letzteren auch mit Oktaëderflächen, die manchmal sogar vorwaltend sind.

Hemiëdrische Formen.

In den oben, §. 83 bis 88, betrachteten Fällen, wo einzelne Flächen grösser auftreten, als andere gleichnamige, wurde die Form der Krystalle dadurch weniger regelmässig, die Krystalle wurden verzerrt. Aber es können auch einzelne Flächen grösser sein, als die anderen damit gleichnamigen, und der Krystall hat eine, wenn auch veränderte, doch noch sehr regelmässige Form. Eine solche entsteht z. B. manchmal an dem salpetersauren Baryt, indem vier abwechselnde Flächen des Oktaëders (z. B. die oben rechts vorn, und die drei, welche mit der ersteren nur in Ecken zusammenstossen) grösser, die vier

dazwischen liegenden (d. h. die drei, welche mit der Fläche oben rechts vorn in Kanten zusammenstossen, und dann noch die, welche ihr gegenüberliegt) kleiner werden. Es entsteht dann eine Form, wie sie Fig. 136 darstellt; die sechs Ecken des ideal ausgebildeten Oktaëders sind in dieser Form zu Kanten verzerrt, wie denn z. B. die wachsenden Flächen oben vorn rechts und unten vorn links eine Kante (ein verzerrtes Oktaëdereck) bilden, die vorn von links oben nach rechts unten geht.

Ein solches Wachsen und Kleinerwerden regelmässig abwechselnder Flächen bringt als Endresultat Gestalten hervor, welche weniger Flächen haben, als die ursprüngliche Form, aber regelmässig gestaltet sind, und sich wie einfache Formen verhalten. Man sagt, dass eine einfache Form, das Oktaëder z. B., hemiëdrisch (halbzählig ausgebildet) wird, wenn vier von den acht Flächen desselben wachsen bis zum Verschwindenlassen der anderen vier Flächen; die so entstehende Form nennt man die Hemiëdrie des Oktaëders. Eben so braucht man den Ausdruck tetartoëdrische (viertelszählig ausgebildete) Form für eine solche, die man sich als aus einer holoëdrischen (§. 51) durch Wachsen eines Viertels der Flächen und Verschwinden der anderen drei Viertel entstanden denken kann. Tetartoëdrische Formen kommen übrigens sehr selten vor.

Eine der wichtigsten hemiëdrischen Formen des regulären §. 101.
Systems ist die, welche aus dem Oktaëder entsteht, indem die Flächen desselben abwechselnd wachsen und verschwinden. Fig. 24 zeigt ein Oktaëder nach seinen vorderen Flächen; wachsen von diesen die Flächen vorn oben rechts und vorn unten links, und von den hinteren (in Fig. 24 nicht sichtbaren) Flächen die hinten oben links und hinten unten rechts, so entsteht die in Fig. 24 über das Oktaëder gezeichnete, Fig. 134 für sich dargestellte Form.

Die Zeichnung derselben ist sehr einfach. Die wachsenden Flächen bilden Kanten, welche durch die Ecken gehen, in denen sich die wachsenden Flächen an dem Oktaëder berührten, und diese neu entstehenden Kanten gehen immer zwei Oktaëderkanten parallel. Wenn an dem Fig. 24 dargestellten Oktaëder die Flächen *ovr* und *uvl* wachsen, so bilden sie eine

durch *v* gehende Kante, und diese geht in der Richtung der Oktaëderkante *or* oder *lu*, da beide wachsende Oktaëderflächen in dieser Richtung liegen. Eben so findet man die Lage der anderen sich bildenden Kanten; die Fläche *ovr* bildet z. B. eine solche mit der Fläche hinten oben links, welche parallel der Oktaëderkante *vr* geht.

§. 102. In gleicher Weise, wie in Fig. 24 die Fläche oben vorn rechts und drei andere entsprechende Flächen wachsende waren, können auch die Fläche oben vorn links und drei andere entsprechende wachsen; in dem letzteren Falle sind diejenigen Flächen wachsende, welche in dem ersteren verschwindende waren. In beiden Fällen entsteht dieselbe Gestalt (Mod. 13); die Stellung derselben ist verschieden, je nachdem die Fläche oben vorn rechts (Fig. 134) oder die Fläche oben vorn links (Fig. 135) unter den wachsenden war. (Auch Fig. 172 zeigt die zwei aus einem Oktaëder entstehenden Tetraëder in ihrer verschiedenen Stellung.) Diese Gestalt heisst

das Tetraëder (Vierflächner),

auch Regulärtetraëder, Hemioktaëder, einfache dreiseitige Pyramide.

Es ist begrenzt durch vier gleichseitige Dreiecke, deren ebene Winkel also 60° betragen; es hat sechs gleiche Kanten, in welchen sich die Flächen unter einem Winkel von 70°32′ schneiden, also unter demselben Winkel, unter welchem zwei in einem Oktaëdereck sich gegenüberliegende Oktaëderflächen zu einander geneigt sind (§. 60); es hat vier gleiche, gleichkantige und dreiflächige Ecken.

Das Zeichen des Tetraëders ist $\frac{O}{2}$; es deutet dieses Zeichen an, dass die Flächen gegen die Axen so liegen, wie die Flächen des Oktaëders, dass sie aber nur in halb so grosser Anzahl, als an dem Oktaëder, vorhanden sind.

Wenn die zwei Tetraëder, die aus einem Oktaëder entstehen können, zusammen vorkommen, oder wenn sie sich sonst in ihren Eigenschaften unterscheiden, so bezeichnet man das eine als $+\frac{O}{2}$, das andere als $-\frac{O}{2}$. Es ist willkürlich, welchem Tetraëder man das eine oder das andere dieser Zeichen beilegen will, da man ein einzelnes Tetraëder willkürlich in die eine oder

dazwischen liegenden (d. h. die drei, welche mit der Fläche oben rechts vorn in Kanten zusammenstossen, und dann noch die, welche ihr gegenüberliegt) kleiner werden. Es entsteht dann eine Form, wie sie Fig. 136 darstellt; die sechs Ecken des ideal ausgebildeten Oktaëders sind in dieser Form zu Kanten verzerrt, wie denn z. B. die wachsenden Flächen oben vorn rechts und unten vorn links eine Kante (ein verzerrtes Oktaëdereck) bilden, die vorn von links oben nach rechts unten geht.

Ein solches Wachsen und Kleinerwerden regelmässig abwechselnder Flächen bringt als Endresultat Gestalten hervor, welche weniger Flächen haben, als die ursprüngliche Form, aber regelmässig gestaltet sind, und sich wie einfache Formen verhalten. Man sagt, dass eine einfache Form, das Oktaëder z. B., hemiëdrisch (halbzählig ausgebildet) wird, wenn vier von den acht Flächen desselben wachsen bis zum Verschwindenlassen der anderen vier Flächen; die so entstehende Form nennt man die Hemiëdrie des Oktaëders. Eben so braucht man den Ausdruck tetartoëdrische (viertelszählig ausgebildete) Form für eine solche, die man sich als aus einer holoëdrischen (§. 51) durch Wachsen eines Viertels der Flächen und Verschwinden der anderen drei Viertel entstanden denken kann. Tetartoëdrische Formen kommen übrigens sehr selten vor.

Eine der wichtigsten hemiëdrischen Formen des regulären §. 101.
Systems ist die, welche aus dem Oktaëder entsteht, indem die Flächen desselben abwechselnd wachsen und verschwinden. Fig. 24 zeigt ein Oktaëder nach seinen vorderen Flächen; wachsen von diesen die Flächen vorn oben rechts und vorn unten links, und von den hinteren (in Fig. 24 nicht sichtbaren) Flächen die hinten oben links und hinten unten rechts, so entsteht die in Fig. 24 über das Oktaëder gezeichnete, Fig. 134 für sich dargestellte Form.

Die Zeichnung derselben ist sehr einfach. Die wachsenden Flächen bilden Kanten, welche durch die Ecken gehen, in denen sich die wachsenden Flächen an dem Oktaëder berührten, und diese neu entstehenden Kanten gehen immer zwei Oktaëderkanten parallel. Wenn an dem Fig. 24 dargestellten Oktaëder die Flächen *ovr* und *uvl* wachsen, so bilden sie eine

gerade Linien, so liegen diese wie die Kanten eines Oktaëders und bilden den Umriss dieser Form.

Die Tetraëder finden sich an chemischen Producten nicht sehr häufig; schön ausgebildet sieht man sie am Fünffach-Schwefelantimon-Schwefelnatrium (Schlippe'schen Salz), am chlorsauren Natron, am essigsauren Uranoxyd-Natron, am Kupferchlorür. Im Mineralreich zeigen sie sich besonders am Fahlerz, am Helvin, an der Blende u. a.— Ueber Verwechselungen vergl. §. 161 und 279.

§. 103. Combinationen der Tetraëder.

Die zwei entgegengesetzten Tetraëder kommen manchmal zusammen vor, zur Combination $+\frac{O}{2} \cdot -\frac{O}{2}$ (Fig. 136) vereinigt; die Flächen des untergeordneteren stumpfen dann die Ecken des vorherrschenderen gerade ab. Die Combination $+\frac{O}{2} \cdot -\frac{O}{2}$ im Gleichgewicht sieht gerade so aus, wie das Oktaëder (Fig. 73), ist aber von diesem unterschieden, beim Boracit z. B. dadurch, dass 4 Flächen matt, die 4 anderen glänzend sind.

An dem vorherrschenden Würfel bringt das Tetraëder gerade Abstumpfung der abwechselnden Würfelecken hervor; Fig. 138 zeigt diese Combination $\infty O \infty \cdot \frac{O}{2}$. An dem vorherrschenden Tetraëder bringt der Würfel Abstumpfung der Tetraëderkanten (welche gewissermassen verzerrte Oktaederecken sind) hervor $\left(\frac{O}{2} \cdot \infty O \infty\right.$; Fig. 137$\left.\right)$.

An dem vorherrschenden Rhombendodekaëder stumpft das Tetraëder die abwechselnden hexaëdrischen Ecken ab (Fig. 141 ohne die Flächen $\infty O \infty$). An dem vorherrschenden Tetraëder bringt das Rhombendodekaëder dreiflächige Zuspitzung der Ecken hervor; die Zuspitzungsflächen sind auf die Tetraëderflächen gerade aufgesetzt. (Jede Tetraëderkante geht in einer Richtung, welche zwei hexaëdrische Ecken mit einander verbindet, vergl. §. 102; die Tetraëderkante oben in Fig. 134 z. B. in der Richtung von dem hexaëdrischen Eck vorn oben links an dem Dodekaëder (Fig. 80) nach dem hexaëdrischen Eck hinten oben rechts; die drei Dodekaëderflächen, die in einem

solchen Eck zusammenstossen, bilden die dreiflächige Zuspitzung an dem entsprechenden Eck des vorherrschenden Tetraëders). Letztere Combination, $\frac{O}{2} \cdot \infty O$ (Fig. 139), ist an den oben (§. 102) genannten chemischen Producten häufig.

Tetraëder, Würfel und Dodekaëder kommen häufig zusammen vor; Fig. 140 zeigt diese Combination mit vorherrschenden Tetraëderflächen $\left(\frac{O}{2} \cdot \infty O \infty \cdot \infty O\right)$; Fig. 141 dieselbe mit vorherrschenden Dodekaëderflächen $\left(\infty O \cdot \infty O \infty \cdot \frac{O}{2}\right)$; Figur 142, wenn man sich die Flächen $-\frac{O}{2}$, wegdenkt, dieselbe mit vorherrschenden Würfelflächen $\left(\infty O \infty \cdot \infty O \cdot \frac{O}{2}\right)$. Alle diese Formen finden sich an dem Boracit.

An der Combination $+\frac{O}{2} \cdot -\frac{O}{2}$ (Fig. 136) tritt das Rhombendodekaëder untergeordnet auf, die Kanten zwischen $+\frac{O}{2}$ und $-\frac{O}{2}$ gerade abstumpfend; auch diese Form sieht man an dem Schlippe'schen Salz häufig, auch an dem chlorsauren Natron; man kann sie sich aus Fig. 139 deutlich machen, wenn man sich jedes durch die Zuspitzungs- (∞O) Flächen gebildete Eck abgestumpft denkt.

Die zwei entgegengesetzten Tetraëder zeigen sich manchmal auch in Combination mit dem Dodekaëder und dem Würfel; so am Boracit in den Formen Fig. 142 und 143. Fig. 142 stellt die Combination $\infty O \infty \cdot \infty O . + \frac{O}{2} \cdot - \frac{O}{2}$ dar, an welcher also die Würfelflächen vorherrschen; die Flächen der entgegengesetzten Tetraëder sind hinsichtlich der Grösse und des Glanzes verschieden. In Fig. 143 $\left(+\frac{O}{2} \cdot -\frac{O}{2} \cdot \infty O \infty \cdot \infty O\right)$ herrschen die Tetraëderflächen, namentlich die von $+\frac{O}{2}$, vor; die Kanten von $+\frac{O}{2}$ sind durch Würfelflächen, die Combinationskanten

zwischen $+\frac{O}{2}$ und $-\frac{O}{2}$ durch Dodekaëderflächen gerade abgestumpft.

Selten kommt das Tetraëder in Combination mit einem untergeordneten Tetrakishexaëder vor. Letzteres hat sechsflächige hexaëdrische Ecken, das Dodekaëder dreiflächige. Das Dodekaëder spitzt die Ecken des Tetraëders dreiflächig, ein Tetrakishexaëder spitzt sie sechsflächig zu; auf jede Tetraëderkante sind dann zwei Flächen des Tetrakishexaëders, und beide mit gleicher Neigung gegen die angrenzenden Tetraëderflächen, aufgesetzt. So zeigt sich an $\frac{O}{2}$, doch zugleich mit noch mehreren anderen Flächen, $3\,O\infty$ untergeordnet manchmal am Fahlerz.

§. 104. Die Betrachtung der Combinationen des Tetraëders und die Vergleichung mit den entsprechenden Combinationen des Oktaeders werden die Eigenthümlichkeit hemiëdrischer Combinationen klar machen. Man muss sich bei der Untersuchung wirklicher Krystalle hüten, unvollständiges Auftreten einer holoëdrischen Gestalt mit dem Vorhandensein einer hemiëdrischen zu verwechseln; so z. B. nicht sogleich auf Combination des Würfels mit dem Tetraeder zu schliessen, so bald man an dem ersteren ein Eck abgestumpft, ein anderes unversehrt sieht, nicht auf Combination des Würfels mit den zwei entgegengesetzten Tetraëdern, wenn man ein Eck des ersteren stark, ein anderes schwach abgestumpft findet. In beiden Fällen kann es auch eine verzerrte Combination des Würfels mit dem Oktaëder sein, und ist es meistens; das Dasein einer hemiëdrischen Form in einer solchen Combination ist nur dann mit Zuverlässigkeit anzunehmen, wenn man z. B. die Ecken mit unverkennbarer Regelmässigkeit rund um den Krystall herum nur abwechselnd abgestumpft findet, oder wenn die Abstumpfungsflächen an 4 abwechselnden Ecken sich von denen an den 4 anderen regelmässig in der Grösse und hauptsächlich in dem Ansehen (dem Glanz) deutlich unterscheiden.

§. 105. Das Oktaëder wird hemiëdrisch, indem die einzelnen Flächen desselben abwechselnd wachsen und verschwinden. Mehrere andere Formen des regulären Systems werden hemiëdrisch, indem Systeme von Flächen, deren jedes einer Oktaëderfläche entspricht, abwechselnd wachsen und verschwinden.

Bei dem Oktaëder liegt in jedem Oktanten des Axenkreuzes Eine Fläche. Bei dem Ikositetraëder, Fig. 86 und 87, bei dem Triakisoktaëder, Fig. 94, liegen in jedem Oktanten drei Flächen; solche drei Flächen, die hinsichtlich ihrer Lage einer Oktaëderfläche vergleichbar sind, nennt man ein einer Oktaëderfläche entsprechendes Flächensystem.

In der Art wird das Ikositetraëder hemiëdrisch, indem z. B. die drei Flächen in dem Oktanten vorn rechts oben wachsen, die drei in dem Oktanten vorn links oben verschwinden, die drei in dem Oktanten vorn links unten wachsen, die drei in dem Oktanten vorn rechts unten verschwinden, u. s. w. Dieses Hemiëdrischwerden lässt sich auch so bezeichnen, dass man sagt: die drei Flächen um das hexaëdrische Eck vorn oben rechts wachsen, die um das hexaëdrische Eck vorn oben links verschwinden, u. s. f.

Fig. 25 zeigt die vorderen Flächen des (Fig. 86 besonders dargestellten) Ikositetraëders $2O2$, und die durch solches Hemiëdrischwerden daraus entstehende Form. Die drei Kanten, welche von dem hexaëdrischen Eck vorn oben rechts ausgehen, wachsen mit dem Zunehmen der sie bildenden Flächen; sie wachsen bis D,D,D, nämlich bis dahin, wo ihnen Kanten von anderen Systemen zunehmender Flächen (in Fig. 25 ist von solchen Systemen nur noch das um das hexaëdrische Eck vorn unten links liegende sichtbar) entgegenwachsen. Neue Kanten DD werden ausserdem noch durch das Gegeneinanderwachsen je solcher zwei Flächen gebildet, welche zwei verschiedenen Flächensystemen angehörig sich an dem Ikositetraëder in einem oktaëdrischen Eck berührten.

Aus jedem Ikositetraëder können zwei der Stellung nach §. 106. verschiedene Hemiëdrien dieser Art entstehen, je nachdem das Flächensystem vorn oben rechts und die entsprechenden die wachsenden waren, oder das Flächensystem vorn oben links und die entsprechenden. Man bezeichnet diese Hemiëdrien als

Triakistetraëder (Dreimal-Vier-Flächner),

auch Trigonaldodekaëder, Pyramidentetraëder, Hemiikositetraeder, Cyproide.

Die verschiedenen Ikositetraëder (§. 68) bilden auch verschiedene Triakistetraëder, deren Zeichen allgemein $\frac{mOm}{2}$ ist;

dem entsprechend, was hinsichtlich der Tetraëder (§. 102) bemerkt wurde, unterscheidet man ausserdem die zwei aus einem Ikositetraëder entstehenden und nur ihrer Stellung nach verschiedenen Triakistetraëder als $+\frac{mOm}{2}$ und $-\frac{mOm}{2}$. Wie wir dasjenige Tetraëder als $+\frac{O}{2}$ bezeichneten, welches durch das Wachsen von vier Oktaëderflächen, worunter die vorn oben rechts, entstanden gedacht wird, so bezeichnen wir auch dasjenige Triakistetraëder als $+\frac{mOm}{2}$, welches durch das Wachsen von vier Flächensystemen, worunter das vorn oben rechts, entstanden gedacht wird. Triakistetraëder und Tetraëder können also von gleicher Stellung sein, $+\frac{mOm}{2}$ und $+\frac{O}{2}$, und von ungleicher Stellung, $+\frac{mOm}{2}$ und $-\frac{O}{2}$.

Die wichtigsten Triakistetraëder, welche in der Natur vorkommen, sind $\frac{2O2}{2}$ und $\frac{3O3}{2}$, und unter diesen findet sich das erstere häufiger und auch selbstständig. Modell 14 zeigt $\frac{2O2}{2}$, Fig. 144 und 145 zeigen $+\frac{2O2}{2}$ und $-\frac{2O2}{2}$ in ihrer verschiedenen Stellung.

Die Triakistetraëder sind begrenzt durch 12 gleichschenklige Dreiecke; sie haben 8 Ecken und 18 Kanten.

In den gleichschenklig dreieckigen Flächen sind die ebenen Winkel:

bei	der einzelne	jeder der zwei gleichen
$\frac{2O2}{2}$	117°2′	31°29′
$\frac{3O3}{2}$	112°53′	33°33′.

Die Ecken sind zweierlei Art. 4, *B*, (Fig. 144 oder 145) sind dreiflächig und gleichkantig; sie sind die vier abwechselnden hexaëdrischen Ecken des Ikositetraëders, aus welchem das Triakistetraëderentstand (vergl. Fig. 25); sie liegen ähnlich, wie die Mittelpunkte der Flächen eines Tetraëders von gleicher

Stellung. 4 Ecken, D, sind sechsflächig und symmetrisch ungleichkantig; sie liegen wie die Ecken eines Tetraëders von gleicher Stellung (die Ecken D von $+\frac{2O2}{2}$, Fig. 144, wie die Ecken von $+\frac{O}{2}$, Fig. 134, keineswegs aber wie die Ecken von $-\frac{O}{2}$, Fig. 135).

Die Kanten sind zweierlei Art. 6 längere, DD, verbinden je zwei sechsflächige Ecken; sie liegen wie Tetraëderkanten und durch ihre Mittelpunkte gehen die oktaëdrischen Axen hindurch. 12 kürzere, BD, verbinden je ein sechsflächiges und ein dreiflächiges Eck; sie sind die gewachsenen Kanten des Ikositetraëders, als aus welchem entstanden man ein Triakistetraëder betrachten kann (vergl. Fig. 25). — In den längeren Kanten stossen je zwei Flächen mit den Grundlinien, in den kürzeren mit den gleichen Schenkeln zusammen.

Die Flächen sind geneigt

	in den Kanten DD	BD
bei $\frac{2O2}{2}$	unter 109°28′	146°27′
$\frac{3O3}{2}$	129°31′	129°31′.

Die Triakistetraëder sind an künstlichen Krystallen noch nicht beobachtet worden. An natürlich vorkommenden findet sich $\frac{2O2}{2}$ bei dem Fahlerz und bei dem Eulytin selbstständig, häufig bei dem Fahlerz, selten bei dem Boracit in Combinationen; $\frac{3O3}{2}$ seltener bei dem Fahlerz, manchmal bei der Zinkblende, aber nur in Combinationen.

Combinationen der Triakistetraëder. §. 071.

Die Triakistetraëder, namentlich $\frac{2O2}{2}$, kommen am häufigsten vor in Combination mit einem Tetraëder von gleicher Stellung. Es stumpft dieses an dem vorherrschenden Triakistetraëder die dreiflächigen Ecken ab; das Triakistetraëder bildet dagegen an dem vorherrschenden Tetraëder Zuschär-

fungen der Kanten. Fig. 146 zeigt die Combination $+\frac{2O2}{2}$ $\cdot +\frac{O}{2}$.

Während es bei der Combination einer holoëdrischen mit einer hemiëdrischen Form meistens unnöthig ist (vergl. §. 102), bezüglich der letzteren etwas über die Stellung (das Zeichen + oder —) anzugeben, muss dieses bei Combinationen, wo sich zwei oder mehr hemiëdrische Formen vorfinden, stets geschehen, indem dieselben hemiëdrischen Formen, je nach gleicher oder verschiedener Stellung, verschiedene Combinationen bilden können. So ist $+\frac{mOm}{2} \cdot +\frac{O}{2}$ ein Triakistetraëder mit abgestumpften dreiflächigen Ecken, $+\frac{mOm}{2} \cdot -\frac{O}{2}$ ist hingegen ein Triakistetraëder mit abgestumpften sechsflächigen Ecken.

Zu der Combination $+\frac{2O2}{2} \cdot +\frac{O}{2}$ treten häufig noch die Flächen des Rhombendodekaëders, und spitzen die sechsflächigen Ecken des Triakistetraëders dreiflächig zu (Fig. 147); die Zuspitzungsflächen erscheinen als Rhomben, wenn sie mit den Tetraëderflächen nur in Punkten zusammenstossen oder diese gar nicht berühren; jede Triakistetraëderfläche ist nach zwei Rhombendodekaëderflächen hin durch parallele Kanten begrenzt, denn jede Triakistetraëderfläche $\frac{2O2}{2}$ bildet eine gerade Abstumpfung für eine Dodekaëderkante (vergl. das über die Combination von $2O2$ und ∞O Gesagte; §. 72).

An dieser Combination zeigt sich wiederum manchmal ein Triakistetraëder in entgegengesetzter Stellung, $-\frac{2O2}{2}$, und stumpft die Kanten zwischen den Dodekaëderflächen, welche die Zuspitzungen der sechsflächigen Triakistetraëderecken bilden, gerade ab. Fig. 148 zeigt diese Combination $+\frac{2O2}{2} \cdot +\frac{O}{2}$ $\cdot \infty O \cdot -\frac{2O2}{2}$.

Alle diese Gestalten finden sich an dem Fahlerz, und noch andere Formen treten manchmal hinzu, Würfelflächen als Ab-

stumpfungsflächen der längeren Kanten des Triakistetraëders $+\frac{2O2}{2}$, Flächen von $-\frac{O}{2}$ als Abstumpfungen der Ecken, die sich an der Stelle der sechsflächigen Ecken des Triakistetraëders befinden, u. a.

Das Triakistetraëder $+\frac{3O3}{2}$ zeigt sich manchmal an der Combination $+\frac{O}{2}\cdot+\frac{2O2}{2}$ des Fahlerzes, so dass die Tetraëderkanten doppelt zugeschärft erscheinen; sehr selten an der Zinkblende, wo es an dem Dodekaëder Zuschärfungen der oktaëdrischen Ecken hervorbringt.

§. 108.

In ähnlicher Weise, wie die Ikositetraëder, werden auch die Triakisoktaëder hemiëdrisch, indem die um die hexaëdrischen Ecken liegenden Flächensyteme abwechselnd wachsen und verschwinden. Fig. 26 zeigt die vorderen Flächen von $^3/_2O$ (vergl. Fig. 353); wachsen die drei um das hexaëdrische Eck oben rechts liegenden Flächen, verschwinden die drei oben links, wachsen wieder die drei unten links u. s. f., so entsteht die in Fig. 26 über $^3/_2O$ und Fig. 149 für sich dargestellte Form $\frac{^3/_2O}{2}$. Jede wachsende Fläche des Triakisoktaëders wächst in der Richtung der Höhenlinie (§. 75); so AAB (Fig. 26) rechts oben in der Richtung Ba nach D hin, und die Fläche AAB links unten in der Richtung Bb gleichfalls nach D hin; wo sich diese Richtungen treffen, entsteht ein Eck und durch die eben angegebene Construction Fig. 26 wird die Lage eines Ecks D und einer Kante AD bestimmt. Führt man diese Construction rund herum aus, so erhält man als Resultat die Fig. 26 und 149 gezeichnete Form, welche ihrer Stellung nach (dem oben, §. 102 und 106, Bestimmten entsprechend) als $+\frac{^3/_2O}{2}$ bezeichnet wird, während $-\frac{^3/_2O}{2}$ Fig. 150, dieselbe Form bedeutet, aber so gestellt, als ob sie aus einem Triakisoktaëder durch Wachsen des Flächensystems vorn oben links, und der entsprechenden, entstanden wäre.

§. 109. Diese Hemiëdrien der Triakisoktaëder, deren allgemeines Zeichen also $\frac{mO}{2}$ ist, heissen

Deltoiddodekaëder,

auch zweikantige Tetragonaldodekaëder, Trapezoiddodekaëder, Hemitriakisoktaëder, Deltoëder.

Man hat in der Natur die Deltoiddodekaëder $\frac{^3/_2O}{2}$ und $\frac{2O}{2}$ beobachtet. Modell 15 zeigt das erstere; dasselbe ist Fig. 149 und 150 in seinen verschiedenen Stellungen gezeichnet.

Die Deltoiddodekaëder sind begrenzt durch 12 Deltoide (vergl. §. 70); sie haben 14 Ecken und 24 Kanten.

Die Ecken sind dreierlei Art. 6 Ecken, A (Fig. 149 und 150), sind vierflächig und symmetrisch ungleichkantig; sie sind oktaëdrische Ecken und durch sie gehen die Axen hindurch. 4 Ecken, B, sind dreiflächig und gleichkantig; sie sind diejenigen hexaëdrischen Ecken des Triakisoktaëders, als aus welchem man das Deltoiddodekaëder entstanden betrachten kann, deren umliegende Flächen die wachsenden waren (vergl. Fig. 26). 4 Ecken, D, sind dreiflächig und gleichkantig; sie liegen wie die Ecken eines Tetraëders.

Die Kanten sind zweierlei Art: 12 schärfere, AD, verbinden die oktaëdrischen und die tetraëdrischen, 12 stumpfere, AB, die oktaëdrischen und die hexaëdrischen Ecken. Letztere sind die ursprünglichen kürzeren Kanten der wachsenden Flächensysteme an dem Triakisoktaëder, welches man als das Deltoiddodekaëder erzeugend betrachten kann (vergl. Fig. 26).

An den bis jetzt beobachteten Deltoiddodekaëdern ist die Neigung der Flächen

bei	in den Kanten AD	in den Kanten AB
$\frac{^3/_2O}{2}$	82°10′	162°39′
$\frac{2O}{2}$	90°0′	152°44′.

Diagonalen, welche auf den Deltoiddodekaëderflächen die gleichen Winkel verbinden, haben eine gleiche Lage wie die längeren Kanten der Triakisoktaëder (vergl. Fig. 26).

Die Deltoiddodekaëder sind an künstlichen Krystallen nie, §. 110.
an Mineralien selten und dann nur untergeordnet auftretend beobachtet worden, $\frac{^3/_2 O}{2}$ an dem Fahlerz, $\frac{2O}{2}$ an der Zinkblende. Von diesen Combinationen mag hier nur der an dem Fahlerz sich zeigenden erwähnt werden. An dem Triakistetraëder $+\frac{2O2}{2}$ bildet das Deltoiddodekaëder $+\frac{^3/_2 O}{2}$ Abstumpfungen der kürzeren Kanten; die sechsflächigen Ecken des Triakistetraëders sind durch Rhombendodekaëderflächen dreiflächig zugespitzt. Fig. 151 zeigt diese Combination $+\frac{2O2}{2}$ $\cdot +\frac{^3/_2 O}{2} \cdot \infty O$.

In derselben Weise werden endlich auch noch die Hexa- §. 111.
kisoktaëder, mOn, hemiëdrisch, indem die um die hexaëdrischen Ecken liegenden Flächensysteme abwechselnd wachsen und verschwinden. Fig. 27 zeigt die vorderen Flächen eines (für sich noch nicht beobachteten) Hexakisoktaëders $5O^5/_3$, und die Gestalt, welche entsteht, wenn die 6 Flächen um das hexaedrische Eck oben rechts wachsen, die 6 um das hexaëdrische Eck oben links verschwinden, die 6 um das hexaëdrische Eck unten links wieder wachsen, u. s. f. Es wachsen dann die Hexakisoktaëderkanten, welche in den wachsenden Flächensystemen von den Ecken B nach den Ecken C gehen, bis die zu verschiedenen Flächensystemen gehörigen zusammenstossen; durch dieses Zusammenstossen wird die Lage der Ecken D an der entstehenden hemiëdrischen Gestalt und die der Kanten AD bestimmt. So entsteht die Fig. 27 nach den vorderen Kanten, Fig. 152 vollständig dargestellte hemiëdrische Form $\frac{5O^5/_3}{2}$, welche der Stellung nach bestimmter als $+\frac{5O^5/_3}{2}$ unterschieden wird, im Gegensatz zu der (Fig. 153) in der anderen Stellung befindlichen, sonst wie $+\frac{5O^5/_3}{2}$ gestalteten, Form $-\frac{5O^5/_3}{2}$. Diese hemiëdrische Form ist auch durch Modell 16 dargestellt; sie wird als

Hexakistetraëder (Sechsmal-Vier-Flächner). auch als tetraëdrisches Trigonal-Ikositetraëder, Hemihexakisoktaëder, Boracitoid u. a. bezeichnet. — Ausser $\frac{5\,O^{5}/_{2}}{2}$ ist auch $\frac{3\,O^{3}/_{2}}{2}$ in der Natur vorkommend beobachtet worden.

§. 112. Die Hexakistetraëder sind begrenzt durch 24 ungleichseitige Dreiecke; sie haben 14 Ecken und 36 Kanten.

Die Ecken sind dreierlei Art. 6 Ecken, A (Fig. 152 und 153), sind vierflächig und symmetrisch ungleichkantig; sie sind oktaëdrische Ecken und durch sie gehen die Axen hindurch. 4 Ecken, B, sind sechsflächig und symmetrisch ungleichkantig; sie sind die hexaëdrischen Ecken der wachsenden Flächensysteme des Hexakisoktaëders, als aus welchem entstanden man das Hexakistetraëder betrachten kann (vergl. Fig. 27). 4 Ecken, D, sind sechsflächig und symmetrisch ungleichkantig; sie haben gleiche Lage wie die Ecken eines Tetraëders.

Die Kanten sind gleichfalls dreierlei Art. 12 Kanten AB verbinden die oktaëdrischen und die hexaëdrischen Ecken, 12 Kanten BD die hexaëdrischen und die tetraëdrischen, und 12 Kanten DA die tetraëdrischen und die oktaëdrischen Ecken. Je zwei Kanten AD, die von demselben oktaëdrischen Eck ausgehen, entsprechen in ihrer Lage einer Tetraëderkante; jede einzelne Kante AD liegt wie eine schärfere Kante der Deltoiddodekaëder. Jede Kante BA liegt wie eine stumpfere Kante eines Deltoiddodekaëders; jede Kante BD wie eine kürzere Kante eines Triakistetraëders. Man kann die Tetraëder, Triakistetraëder und Deltoiddodekaëder, $\frac{O}{2}$, $\frac{mOm}{2}$, $\frac{mO}{2}$ als specielle Fälle des Hexakistetraëders, $\frac{mOn}{2}$, ansehen; je nachdem $m=n=1$, oder $m=n$, aber verschieden von 1, oder $n=1$, geht die Formel und die Gestalt des Hexakistetraëders in die Formel und die Gestalt einer der genannten anderen Hemiëdrien über, ähnlich wie dieses §. 82 und in den daselbst angeführten Paragraphen für die entsprechenden holoëdrischen Formen dargelegt wurde.

An den beiden bis jetzt beobachteten Hexakistetraëdern ist die Neigung der Flächen

bei	in den Kanten AD	DB	AB
$\frac{3O^{3/2}}{2}$	110°55′	158°13′	158°13′
$\frac{5O^{5/3}}{2}$	122°53′	152°20′	152°20′.

§. 113. Die Hexakistetraëder sind an künstlichen Krystallen nie, an Mineralien sehr selten beobachtet worden, eins von unbestimmten Axenverhältnissen am Diamant selbstständig, $\frac{3O^{3/2}}{2}$ untergeordnet am Fahlerz und $\frac{5O^{5/3}}{2}$ ebenso, etwas weniger selten, am Boracit · $\frac{3O^{3/2}}{2}$ tritt am Fahlerz zu der Combination $+\frac{2O2}{2} \cdot +\frac{-O}{2} \cdot \infty O$ (Fig. 147), und stumpft die Combinationskanten zwischen $+\frac{2O2}{2}$ und ∞O schief ab · $+\frac{5O^{5/3}}{2}$ tritt am Boracit zu der Combination $\infty O\infty \,.\, \infty O \,.+\frac{O}{2} \cdot -\frac{O}{2}$ (Fig. 142), und stumpft diejenigen Combinationsecken ab, welche $+\frac{O}{2}$ mit $\infty O\infty$ und ∞O bildet; diese Combination ist Figur 154 dargestellt, wo eine Fläche von $\frac{5O^{5/3}}{2}$ mit x bezeichnet ist.

§. 114. Die Tetrakishexaëder bilden hemiëdrische Formen, indem die Flächen derselben abwechselnd wachsen und verschwinden. Fig. 28 zeigt die vorderen Flächen des Tetrakishexaëders $2O\infty$ (vergl. Fig. 95) und die Gestalt, welche entsteht, wenn die Fläche von A vorn nach rechts hin und die von A vorn nach links hin wachsen, die von A vorn nach oben hin und von A vorn nach unten hin verschwinden, die von A oben nach vorn hin wächst, die von A oben nach rechts hin hingegen verschwindet, u. s. f. Um jede Fläche herum, welche wächst, verschwinden die drei Flächen, welche mit der vorhergehenden in Kanten zusammenstossen; um jede Fläche, welche verschwin-

det, liegen drei wachsende Flächen, nämlich die, welche mit der verschwindenden in Kanten zusammenstossen.

Die Form, welche sich so aus einem Tetrakishexaëder bildet, ist leicht zu zeichnen. In Fig. 28 wachsen die beiden Flächen des Tetrakishexaëders, welche von *A* vorn nach links und nach rechts gehen. Diese beiden Flächen liegen parallel der Axe von oben nach unten; bei dem Wachsen werden sie eine durch *A* vorn und parallel mit dieser Axe gehende Kante bilden.

Diese Kante liegt also vorn, und sie erstreckt sich nach oben so weit, bis die von *A* oben nach vorn hin wachsende Fläche mit ihr zusammentrifft. Diese Fläche wächst nach vorn in der Richtung *Aa*, wenn *a* die Mitte der hexaëdrischen Kante vorn oben des Tetrakishexaëders ist. — Das Zusammenstossen einer durch *A* oben und *a* gelegten (in Fig. 27 gestrichelten) Linie mit der durch *A* vorn senkrecht gehenden Kante bestimmt also das obere Ende der letzteren. — In gleicher Weise bestimmt sich das untere Ende derselben da, wo die von *A* unten nach vorn in der Richtung *Ac* wachsende Fläche mit ihr zusammenstösst.

Die Fläche, welche von *A* vorn nach rechts liegt, wächst nach rechts hin in der Richtung *Ab*, wo *b* auch wieder die Mitte der hexaëdrischen Kante vorn rechts des Tetrakishexaeders ist. Dieses Wachsen wird begrenzt dadurch, dass die Fläche in dieser Richtung *Ab* mit einer Kante zusammenstösst, welche durch *A* rechts parallel mit der Axe von vorn nach hinten geht (diese Kante wird gebildet durch das Wachsen der zwei Tetrakishexaëderflächen, welche von *A* rechts nach oben und nach unten hin liegen).

Die wachsenden Tetrakishexaëderflächen stossen in den hexaëdrischen Ecken stets mit anderen wachsenden Flächen zusammen, können also nicht über diese hinauswachsen. Verbindet man nun diese Begrenzungspunkte, deren Auffindung eben gezeigt wurde, durch Linien, so sieht man, dass jede wachsende Fläche zu einer fünfeckigen wird; Fig. 28 zeigt die vorderen Flächen der Form, welche durch das Hemiëdrischwerden von $2O\infty$ in der angegebenen Weise entsteht, Fig. 155 und Mod. 17 dieselbe für sich. Das Zeichen dieser hemiëdri-

schen Form ist $\frac{2O\infty}{2}$, das der entsprechenden hemiëdrischen Formen der Tetrakishexaëder im Allgemeinen $\frac{mO\infty}{2}$. Aus jedem Tetrakishexaëder können zwei ihrer Stellung nach verschiedene hemiëdrische Formen entstehen, je nachdem die von *A* vorn nach rechts gehende Fläche und die entsprechenden wachsen, oder die von *A* vorn nach oben gehende und die entsprechenden. Ist dieser Gegensatz in der Stellung anzudeuten, so bezeichnet man die Form in der ersteren Stellung als $+\frac{mO\infty}{2}$, in der letzteren als $-\frac{mO\infty}{2}$; Fig. 155 zeigt $+\frac{2O\infty}{2}$, Fig. 156 $-\frac{2O\infty}{2}$; in Fig. 173 sind beide aus demselben Tetrakishexaeder entstehende hemiëdrische Formen über denselben Mittelpunkt gezeichnet.

Diese hemiëdrischen Formen der Tetrakishexaëder heissen §. 115.

Pentagonaldodekaëder

(durch Fünfecke begrenzte Zwölfflächner), auch Hemitetrakishexaëder, Pyritoëder, Pyritoide. — Das in der Natur am häufigsten vorkommende ist $\frac{2O\infty}{2}$, seltener zeigen sich $\frac{3/2O\infty}{2}$, $\frac{4/3O\infty}{2}$ u. a.

Sie sind begrenzt durch 12 symmetrische Fünfecke. So nennt man solche Fünfecke, die wie Fig. 30 vier gleiche Seiten *ab* und *bc* haben, und Eine einzelne Seite *aa*, die Grundlinie; sie haben zwei Paare gleicher Winkel, *aa* (Winkel an der Grundlinie) und *bb* (mittlere Winkel), und Einen einzelnen Winkel *c*, welcher der Grundlinie gegenüber liegt. Eine Linie *cd*, welche den einzelnen Winkel mit der Mitte der Grundlinie verbindet, heisst die Höhenlinie, eine Linie *ac*, welche einen Winkel an der Grundlinie mit dem einzelnen Winkel verbindet, eine Diagonale des symmetrischen Fünfecks. Bei $\frac{2O\infty}{2}$ ist $a = 102°36'$, $b = 106°36'$, $c = 121°35'$.

Die Pentagonaldodekaëder haben 20 Ecken, die zweierlei Art sind. 8 Ecken B (Fig. 155 und 156) sind dreiflächig und gleichkantig; sie liegen wie hexaëdrische Ecken und in ihnen stossen die Flächen mit den mittleren Winkeln zusammen. 12 Ecken E sind dreiflächig und ungleichkantig; jedes derselben liegt zwischen zwei Axen in der Ebene derselben, aber verschieden weit von ihnen abstehend; in diesen Ecken E stossen immer zwei Winkel an der Grundlinie und ein einzelner Winkel zusammen.

Es finden sich an den Pentagonaldodekaëdern 30 Kanten, gleichfalls zweierlei Art. 6, EE, verbinden die ungleichkantigen Ecken; sie sind gewissermassen verzerrte oktaëdrische Ecken des Tetrakishexaëders, als aus welchem man ein Pentagonaldodekaëder entstanden betrachten kann (vergl. Fig. 28); durch die Mittelpunkte dieser Kanten gehen die Axen hindurch; in diesen Kanten stossen je zwei Pentagonaldodekaëderflächen mit den Grundlinien zusammen, weshalb man sie auch Grundkanten nennt. — 24 Kanten BE verbinden die gleichkantigen (hexaëdrischen) Ecken mit den ungleichkantigen; in ihnen stossen die Flächen mit den gleichen Seiten zusammen.

Die Flächen der Pentagonaldodekaëder sind zu einander geneigt

bei	in den Kanten EE	in den Kanten EB
$\frac{4/3\,O\infty}{2}$	unter 106°16′	118°41′
$\frac{3/2\,O\infty}{2}$	112°37′	117°29′
$\frac{2\,O\infty}{2}$	126°52′	113°35′.

Pentagonaldodekaëder zeigen sich an chemischen Präparaten nur selten, und dann untergeordnet; $\frac{2\,O\infty}{2}$ manchmal sehr deutlich an dem salpetersauren Bleioxyd (vergl. §. 116). Dasselbe kommt auch am Alaun vor, der aus salzsäurehaltiger Lösung krystallisirt ist (vergl. daselbst). (Eine andere Form, die dem Pentagonaldodekaëder ähnlich sein kann, wird §. 214 besprochen werden.) Unter den Mineralien zeigt der Eisenkies

vorzugsweise $\frac{2O\infty}{2}$; häufig auch selbstständig; eben so der Kobaltglanz. $\frac{{}^3/_2O\infty}{2}$ und $\frac{{}^4/_3O\infty}{2}$ treten an dem Eisenkies untergeordnet auf.

Combinationen der Pentagonaldodekaëder. §. 116.

An dem vorherrschenden Pentagonaldodekaëder stumpfen die Flächen des Würfels die Grundkanten ab. An dem vorherrschenden Würfel bilden die Pentagonaldodekaëderflächen schiefe Abstumpfungen der Würfelkanten; dass diese Abstumpfungen schief sind, unterscheidet die Combination $\infty O\infty . \frac{mO\infty}{2}$ von $\infty O\infty . \infty O$. Fig. 157 und Modell 18 zeigen die Combination $\infty O\infty . \frac{2O\infty}{2}$ etwa im Gleichgewicht. Combinationen von $\frac{2O\infty}{2}$ und $\infty O\infty$ finden sich an dem Eisenkies und an dem Kobaltglanz.

An dem vorherrschenden Pentagonaldodekaëder stumpfen die Flächen des Oktaëders die hexaëdrischen Ecken ab; Fig. 162 zeigt $\frac{2O\infty}{2} . O$ (Eisenkies). An dem vorherrschenden Oktaeder bringt $\frac{mO\infty}{2}$ eine Zuschärfung der Oktaëderecken hervor, die Zuschärfungsflächen sind auf zwei in einem Eck sich gegenüberstehenden Oktaëderkanten gerade aufgesetzt, und bei zwei benachbarten Oktaëderecken immer auf verschiedene Oktaëderkanten; Fig. 160 zeigt $O . \frac{2O\infty}{2}$ (Kobaltglanz).

Vergrössern sich in Fig. 162 die Flächen O, bis sie sich in Punkten berühren, oder in Fig. 160 die Flächen $\frac{2O\infty}{2}$ eben so weit, so entsteht der Mittelkrystall zwischen $\frac{2O\infty}{2}$ und O, welchen Fig. 161 zeigt. Er ist begrenzt durch 20 dreieckige Flächen, die man in früherer Zeit für gleichartig hielt, weshalb man diese Combination als Ikosaëder (Zwanzig-Flächner) bezeichnete; aber 12 dieser Dreiecke $\left(\frac{2O\infty}{2}\right)$ sind

gleichschenklige, und 8 (O) gleichseitige. Schöne Krystalle der Art finden sich am Kobaltglanz; das Zurechtfinden an ihnen wird oft dadurch erleichert, dass die Kanten zwischen je zwei $\frac{2O\infty}{2}$ flächen (das sind die Grundkanten der in Combination getretenen Pentagonaldodekaëderflächen) durch Würfelflächen etwas abgestumpft sind, was sie von den Combinationskanten zwischen $\frac{2O\infty}{2}$ und O, welche scharf auftreten, leicht unterscheiden lässt.

Das Pentagonaldodekaëder $\frac{2O\infty}{2}$ kommt mit Würfel und Oktaëder gleichzeitig combinirt vor. An dem vorherrschenden Würfel bilden dann die Flächen von O gerade Abstumpfungen der Ecken, die von $\frac{2O\infty}{2}$ schiefe Abstumpfungen der Kanten; (Fig. 158; Eisenkies). Das salpetersaure Bleioxyd zeigt oft die Combination $O \cdot \infty O\infty \cdot \frac{2O\infty}{2}$, wo O nur sehr wenig vor $\infty O\infty$ vorherrscht (Fig. 159); denkt man sich O und $\infty O\infty$ im Gleichgewicht, so würde $\frac{2O\infty}{2}$ (s) schiefe Abstumpfungen der Ecken dieses Mittelkrystalls bilden. An dem aus salzsäurehaltiger Lösung krystallisirten Alaun zeigt sich manchmal die Combination $O \cdot \infty O\infty \cdot \infty O \cdot 2O2 \cdot \frac{2O\infty}{2}$ (Fig. 97, wenn man sich von den Flächen $2O\infty$ die eine Hälfte, z. B. die schattirten, nicht vorhanden denkt, so dass an ihrer Stelle der Krystall wie in Fig. 93 aussieht). Als in der Richtung $2O\infty$ liegend werden die Pentagonaldodekaëderflächen leicht durch die §. 78 angegebene Betrachtung erkannt; dass sie aber nicht einem Tetrakishexaëder sondern der Hemiëdrie dieser Form angehören, sieht man daraus, dass sie nur in der halben Anzahl, als es erstere Form verlangte, und zwar in ganz regelmässiger Abwechslung auftreten.

Ueber die Combinationen von Würfel, Pentagonaldodekaëder und Tetraëder vergl. §. 120b.

Die Kenntniss, wie das Pentagonaldodekaëder und wie das Rhombendodekaëder in Combinationen vorkommen, wird pas-

send geübt durch die Vergleichung von Fig. 157 und 82, 158 und 84, 159 und 83, 160 und 78 u. a., und Aufsuchung, wie sich durch Kantenparallelismus u. a. das eine dieser Dodekaeder von dem anderen unterscheiden lässt.

An dem Pentagonaldodekaëder $\frac{2O\infty}{2}$ bildet das Ikositetraëder $2O2$ dreiflächige Zuspitzungen der hexaëdrischen Ecken, welche besser weiter unten (§. 119) beschrieben werden.

Die anderen Pentagonaldodekaëder zeigen sich selten und untergeordnet; so z. B. treten die Flächen von $\frac{{}^3/_2 O\infty}{2}$ an der vorherrschenden Form $\frac{2O\infty}{2}$ bei dem Eisenkies auf, und bilden schiefe Abstumpfungen der ungleichkantigen Ecken der letzteren (Fig. 163; da hier zwei hemiëdrische Formen zusammen vorkommen, so ist anzugeben, dass sie beide eine gleiche Stellung haben, und die Combination als $+\frac{2O\infty}{2} \cdot +\frac{{}^3/_2 O\infty}{2}$ zu bezeichnen).

§. 117.

An einem Hexakisoktaëder mOn entsprechen immer zwei Flächen zusammen hinsichtlich der Lage einer Fläche eines Tetrakishexaëders (vergl. Fig. 354 und 95). Die ersteren werden nun auch hemiëdrisch in derselben Art wie die letzteren, indem immer zwei Flächen, die zusammen einer Tetrakishexaëderfläche entsprechen, wachsen, zwei eben solche verschwinden, und so fort in der Abwechslung, wie diese bei dem Hemiëdrischwerden der Tetrakishexaëder (§. 114) statthat. Welche Form so aus den Hexakisoktaëdern entsteht, zeigt Fig. 29. Es sind hier die vorderen Flächen des Hexakisoktaëders $4O2$ dargestellt (vollständig zeigt diese Form Fig. 354), und die wachsenden Flächen mit den Buchstaben $a \ldots . k$ bezeichnet. Die wachsenden Flächen liegen so, dass je zwei derselben einer wachsenden Tetrakishexaëderfläche in Fig. 28 entsprechen.

Zur Construction der hemiëdrischen Form, die so aus einem Hexakisoktaëder entsteht, muss man die Richtung der verschiedenen Kanten und Flächen dieses Körpers genau sich vorstellen, und es mag sich hier auf das bei der Construction

des letztern (§. 79) Gesagte bezogen werden, woraus die Bedeutung von v, $2v$, $4v$ u. s. w. in dem Folgenden deutlich wird (§. 79 war von der Zeichnung eines Hexakisoktaëders $3\,O^3/_2$ die Rede, das Fig. 29 dargestellte hingegen ist $4O2$; was zu beachten ist).

Die Fläche c (Fig. 29) liegt in der Richtung $v:2l:4o$; die Fläche d in der Richtung $v:2r:4o$. Wachsen beide gegen einander, über die zwei zwischenliegenden Flächen weg, so bilden sie eine Kante in der Richtung $v:4o$.

Diese Kante wird nach oben begrenzt durch das Entgegenwachsen der Flächen a und b. Sie gehen in der Richtung $o:2v:4l$ und $o:2v:4r$, und bilden schon an dem Hexakisoktaëder eine Kante in der Richtung $o:2v$. Diese Kante wächst nun, und ihr Zusammentreffen mit der eben besprochenen Kante in der Richtung $v:4o$ bestimmt die Lage eines Ecks E.

Die zwischen den wachsenden Flächen d und g und in der Richtung $v:2r$ liegende Kante wächst gleichfalls, und wird begrenzt durch das Entgegenkommen einer in der Richtung $r:4v$ gehenden Kante, die durch das Wachsen der Flächen e und h gebildet wird.

Construirt man in dieser Art weiter, so erhält man als Resultat die Form, welche Fig. 30 nach den vorderen Flächen, Fig. 164 vollständig dargestellt wird.

§. 118. Man bezeichnet solche Hemiëdrien des Hexakisoktaëders, wo abwechselnd die Flächenpaare, deren jedes einer Tetrakishexaëderfläche entspricht, wachsen, durch $\left[\frac{mOn}{2}\right]$, zum Unterschied von $\frac{mOn}{2}$, derjenigen Hemiëdrie des Hexakisoktaëders, welche entsteht durch Wachsen von Flächensystemen, deren jedes einer Oktaëderfläche entspricht. Letztere Formen, die Hexakistetraëder, wurden §. 111—113 betrachtet, und sind also wohl zu unterscheiden von der jetzt zu untersuchenden anderen Hemiëdrie der Hexakisoktaëder, den

Trapezoidikositetraëdern,

auch dreikantigen Tetragonalikositetraëdern, Dyakisdodekaedern, Hemioktakishexaëdern, Diploiden u. a. genannt.

Eben so, wie aus einem Tetrakishexaëder $mO\infty$ zwei ihrer Stellung nach verschiedene Pentagonaldodekaëder,

$+\frac{m\,O\infty}{2}$ und $-\frac{m\,O\infty}{2}$, entstehen können, nehmen auch aus einem Hexakisoktaëder $m\,O\,n$ zwei ihrer Stellung nach verschiedene Trapezoidikositetraëder $+\left[\frac{m\,O\,n}{2}\right]$ und $-\left[\frac{m\,O\,n}{2}\right]$ ihren Ursprung. Fig. 165 zeigt $+\left[\frac{3\,O^{3}/_{2}}{2}\right]$, Fig. 166 $-\left[\frac{3\,O^{3}/_{2}}{2}\right]$. Mod. 19 stellt gleichfalls $\left[\frac{3\,O^{3}/_{2}}{2}\right]$ dar. — Die bekannten Trapezoidikositetraëder sind $\left[\frac{3\,O^{3}/_{2}}{2}\right]$, $\left[\frac{4\,O\,2}{2}\right]$, $\left[\frac{5\,O^{5}/_{3}}{2}\right]$.

Die Trapezoidikositetraëder sind begrenzt durch 24 Trapezoide $AEBE$ (Fig. 165 und 166), an welchen indess zwei an einander liegende Seiten EB gleich sind (an dem Trapezoidikositetraëder $\left[\frac{4\,O\,2}{2}\right]$, Fig. 164, sind die Flächen Trapeze, indem je zwei Kanten EB und AE parallel laufen).

Sie haben 26 Ecken, die dreierlei Art sind. 6 Ecken A sind vierflächig und symmetrisch ungleichkantig; sie sind oktaedrische Ecken und durch sie gehen die Axen hindurch; sie liegen ähnlich wie die Mittelpunkte der Grundkanten an den Pentagonaldodekaëdern. 8 Ecken B sind dreiflächig und gleichkantig; sie sind hexaëdrische Ecken und liegen wie die eben so bezeichneten Ecken der Pentagonaldodekaëder. 12 Ecken E endlich sind vierflächig und ungleichkantig, und liegen wie die eben so bezeichneten Ecken der Pentagonaldodekaëder.

Sie haben 48 Kanten, die gleichfalls dreierlei Art sind. Von 12 Kanten AE, welche symmetrische Ecken mit ungleichkantigen verbinden, entsprechen je zwei in ihrer Lage einer Grundkante eines Pentagonaldodekaëders. 12 andere Kanten AE, welche gleichfalls symmetrische Ecken mit ungleichkantigen verbinden, entsprechen in ihrer Lage den Höhenlinien (§. 115) auf den Flächen der Pentagonaldodekaëder. 24 Kanten EB endlich verbinden die ungleichkantigen mit den gleichkantigen Ecken, und entsprechen den eben so bezeichneten Kanten der Pentagonaldodekaëder. Man vergleiche Fig. 165 und 155, 166 und 156.

Die Flächen der Trapezoidikositetraëder sind geneigt

	in den Kanten AE, welche einer Grundkante an	AE, welche einer Höhenlinie	EB
bei $\frac{mO\infty}{2}$	entsprechen,	an $\frac{mO\infty}{2}$	entsprechen,
$\left[\frac{3O^{3/2}}{2}\right]$	unter 115°23′	149°0′	141°47′
$\left[\frac{4O2}{2}\right]$	128°15′	154°47′	131°49′
$\left[\frac{5O^{5/2}}{2}\right]$	118°59′	160°32′	131°5′

Die Trapezoidikositetraëder sind an künstlichen Krystallen noch gar nicht beobachtet worden. In dem Mineralreiche finden sich die drei eben aufgezählten Formen an dem Eisenkies, meistens untergeordnet, $\left[\frac{3O^{3/2}}{2}\right]$ und $\left[\frac{4O2}{2}\right]$ selten selbstständig; $\left[\frac{3O^{3/2}}{2}\right]$ kommt auch am Kobaltglanz vor. Aber namentlich an dem ersteren Mineral zeigen sich die

Combinationen der Trapezoidikositetraëder.

§. 119. Die Flächen des Würfels stumpfen an $\left[\frac{3O^{3/2}}{2}\right]$ die oktaedrischen Ecken ab, und erscheinen dann gewöhnlich soweit ausgebildet, dass sie durch die Ecken E dieses Trapezoidikositetraëders hindurchgehen (Fig. 167). Diese Combination hielt man früher für eine von 30 rhombischen Flächen begrenzte Form, aber nur die 6 Flächen $\infty O\infty$ sind rhombisch, die 24 Flächen $\left[\frac{3O^{3/2}}{2}\right]$ sind Trapezoide.

An dem Trapezoidikositetraëder $\left[\frac{4O2}{2}\right]$ stumpft das in gleicher Stellung befindliche Pentagonaldodekaëder $\frac{2O\infty}{2}$ die Kanten ab, welche den Höhenlinien der Pentagonaldodekaëderflächen entsprechen (§. 118). Fig. 168 zeigt diese Combination: $+\left[\frac{4O2}{2}\right] \cdot +\frac{2O\infty}{2}$.

An dem vorherrschenden Pentagonaldodekaëder $\frac{2O\infty}{2}$ bildet

das in gleicher Stellung befindliche Trapezoidikositetraëder $\left[\frac{4O2}{2}\right]$ dreiflächige Zuspitzungen der hexaëdrischen Ecken (Fig. 169, wo eine Fläche von $\left[\frac{4O2}{2}\right]$ mit x bezeichnet ist). Die Zuspitzungsflächen sind viereckig, und schneiden die Pentagonaldodekaëderflächen in Kanten, welche den Höhenlinien der letzteren parallel sind; und die drei Kanten, die in der zugespitzten Ecke zusammenstossen, sind gleichfalls damit parallel.

Man darf diese Combination nicht verwechseln mit der des Pentagonaldodekaëders $\frac{2O\infty}{2}$ und des Ikositetraëders $2O2$ (Fig. 170, wo eine Fläche von $2O2$ mit y bezeichnet ist); auch hier sind die Zuspitzungsflächen viereckig, und gehen die Combinationskanten den Höhenlinien auf den Flächen der ersteren Form parallel, aber die in den zugespitzten Ecken zusammenstossenden Kanten von $2O2$ sind mit diesen Combinationskanten nicht parallel, sondern convergiren nach den Ecken hin gegen sie.

Ganz anders wird das Pentagonaldodekaëder $\frac{2O\infty}{2}$ durch die Flächen des Trapezoidikositetraëders $\left[\frac{3O^3/_2}{2}\right]$ abgeändert. Diese bilden zwar auch dreiflächige Zuspitzungen der hexaedrischen Ecken von $\frac{2O\infty}{2}$, aber die Zuspitzungsflächen sind dreieckig (Fig. 171, wo eine Fläche von $\left[\frac{3O^3/_2}{2}\right]$ mit s bezeichnet ist); die Combinationskanten gehen den Diagonalen (§. 115) der Flächen von $\frac{2O\infty}{2}$ parallel. — Zu dieser Combination treten manchmal noch die Flächen von O, und stumpfen die eben besprochene dreiflächige Zuspitzung ab; der Krystall erscheint dann wie Fig. 162, wenn man sich hier die Combinationskanten zwischen $\frac{2O\infty}{2}$ und O schief abgestumpft denkt.

---

§. 120a. In dem Vorstehenden sind diejenigen hemiëdrischen Formen des regulären Systems erörtert worden, welche als wirklich in der Natur vorkommend beobachtet worden sind. Andere Formen sind noch möglich, aber bis jetzt noch nicht vorgefunden worden.

Die besprochenen hemiëdrischen Formen entstanden aus holoëdrischen Formen durch abwechselndes Wachsen und Verschwinden

einzelner Flächen; so das Tetraëder aus dem Oktaëder. das Pentagonaldodekaëder aus dem Tetrakishexaëder;

zweiflächiger Flächensysteme: das Trapezoidikositetraëder aus dem Hexakisoktaëder;

dreiflächiger Flächensysteme: das Triakistetraeder aus dem Ikositetraëder, das Deltoiddodekaëder aus dem Triakisoktaëder;

sechsflächiger Flächensysteme: das Hexakistetraëder aus dem Hexakisoktaëder.

Von diesen Formen haben einige (Tetraëder, Triakistetraeder, Deltoiddodekaëder, Hexakistetraëder) keine parallele Flächen und Kanten; an anderen (Pentagonaldodekaëder, Trapezoidikositetraëder) sind parallele Flächen und parallele Kanten vorhanden. Man unterscheidet erstere als geneigtflächig-hemiëdrische oder tetraëdrisch-hemiëdrische Formen. letztere als parallelflächig-hemiëdrische oder pyritoidisch-hemiëdrische oder auch (Pentagonal-) dodekaedrisch-hemiëdrische Formen.

Diese zwei Arten von Formen sind von einander in mehrfacher Beziehung unterschieden und getrennt. Was ihre symmetrische Ausbildung betrifft, so ist zu merken, dass bei den geneigtflächig-hemiëdrischen Formen jede hexaëdrische Axe (§. 85) an verschiedenartigen Theilen der Krystallform ausmündet; so z. B. verbindet eine hexaëdrische Axe in dem Tetraëder ein Eck mit dem Mittelpunkt der gegenüberstehenden Fläche. In den holoëdrischen Formen verbinden die hexaëdrischen Axen die hexaëdrischen Ecken oder was an deren Stelle liegt, wie bei dem Oktaëder die Mittelpunkte gegenüberliegender Flächen (vergl. §. 85); wird eine holoëdrische Form geneigtflächig-hemiëdrisch, so wächst die Fläche oder das Flächensystem an dem einen Ende einer hexaëdrischen Axe, und verschwindet

die Fläche oder das Flächensystem an dem anderen Ende derselben hexaëdrischen Axe; in der entstehenden hemiëdrischen Form muss also die hexaëdrische Axe an ungleichen Stellen des Krystalls ausmünden.

In den parallelflächig-hemiëdrischen Formen hingegen mündet jede hexaëdrische Axe an gleichen Stellen der Krystallform aus. Das Pentagonaldodekaëder hat 8 unter sich gleiche hexaëdrische Ecken; eben so das Trapezoidikositetraëder; durch je zwei derselben geht bei ihnen eine hexaëdrische Axe.

Die oktaëdrischen Axen, welche wir in dem Vorhergehenden immer als Axen schlechtweg bezeichneten, verbinden bei den geneigtflächig-hemiëdrischen wie bei den parallelflächig-hemiëdrischen Formen gleiche Stellen; in Beziehung auf die hexaëdrischen Axen aber sind die ersteren anders ausgebildet als die letzteren.

§. 120b. Früher glaubte man, geneigtflächig-hemiëdrische und parallelflächig-hemiëdrische Formen können sich nie mit einander combiniren. In neuerer Zeit ist indessen das Vorkommen beider Arten hemiëdrischer Formen an einem und demselben Krystall, z. B. des Tetraëders und eines Pentagonaldodekaëders an einem vorherrschenden Würfel, ausser Zweifel gesetzt worden. Mit der Erörterung solcher Combinationen verbindet sich noch eine wichtige Unterscheidung der hemiëdrischen Formen.

Jede holoëdrische Form kann, indem sie hemiëdrisch wird, zu der Entstehung von zwei hemiëdrischen Formen Anlass geben, je nachdem die eine Hälfte der Flächen oder die andere als wachsend gedacht wird. Wir haben die Hemiëdrien, welche aus den bis jetzt besprochenen holoëdrischen Formen abgeleitet wurden, nur als nach ihrer Stellung verschieden betrachtet (in §. 102 das + Tetraëder z. B. in dieser Art von dem in anderer Stellung befindlichen — Tetraëder unterschieden, in §. 114 die Pentagonaldodekaëder ihrer Stellung nach als + und — bezeichnet u. s. w.), und in der That unterscheiden sich die Hemiëdrien, die bisher betrachtet wurden, auch nur ihrer Stellung nach; von den beiden hemiëdrischen Formen, die sich aus einer der vorhergehenden holoëdrischen ableiten, kann jede so gedreht werden, dass sie mit der anderen vollkommen übereinstimmend aussieht; solche hemiëdrische Formen nennt man

congruente Hemiëdrien; man versteht hierunter, wenn die aus derselben holoëdrischen Form in gleicher Weise ableitbaren Hemiëdrien nur bezüglich der Stellung, nicht aber bezüglich der Gestalt verschieden sind, und wenn die eine in der Art das Ebenbild der anderen ist, dass sich beiden eine Stellung geben lässt, wo sie alle Begrenzungselemente übereinstimmend liegend zeigen.

Die Combinationen der geneigtflächigen Hemiëdrien unter sich $\left(+\frac{O}{2}\cdot+\frac{2O2}{2}\text{ und }-\frac{O}{2}\cdot-\frac{2O2}{2}\text{ z. B.}\right)$ und mit holoëdrischen Formen $\left(\infty O\infty\cdot+\frac{O}{2}\text{ und }\infty O\infty\cdot-\frac{O}{2}\right)$, eben so wie die Combinationen der parallelflächigen Hemiëdrien unter sich $\left(\text{z. B. }+\left[\frac{4O2}{2}\right]\cdot+\frac{2O\infty}{2}\text{ und }-\left[\frac{4O2}{2}\right]\cdot-\frac{2O\infty}{2}\right.$, wenn zur Deutung von Krystallformen in der letzteren Weise Veranlassung wäre$\left.\right)$ und mit holoëdrischen Formen $\left(\text{z. B. }\infty O\infty\cdot+\frac{2O\infty}{2}\text{ und }\infty O\infty\cdot-\frac{2O\infty}{2}\right)$, bieten weitere Beispiele congruenter Hemiëdrien. Aber wo geneigtflächig-hemiedrische und parallelflächig-hemiëdrische Formen zusammen an demselben Krystall vorkommen, entstehen nicht congruente hemiëdrische Formen. Tritt z. B. zu der in Fig. 157 dargestellten Combination $\infty O\infty\cdot+\frac{2O\infty}{2}$ noch ein Tetraëder, so kann, je nachdem dieses die in §. 102 als + oder als — bezeichnete Stellung hat, die in Fig. 426 oder 427 dargestellte Combination entstehen, und diese beiden Formen sind nicht congruent; sie sind zwar aus derselben Anzahl derselben Flächen zusammengesetzt, aber die Ordnung, in welcher sich diese Flächen an einander legen, ist in beiden Fällen nicht dieselbe. Wie man auch Fig. 426 drehen möge: wenn der Krystall so gestellt ist, dass eine Fläche $+\frac{2O\infty}{2}$ vorn oben gegen die obere Würfelfläche unter einem stumpferen Winkel geneigt ist als gegen die vordere, so hat man immer eine Tetraëderfläche vorn oben rechts; man kann den Krystall in

keiner Weise so stellen, dass die Fläche $\frac{2O\infty}{2}$ die angegebene Lage habe und dabei eine Tetraëderfläche vorn oben links (wie in Fig. 427) sich zeige. Die Combinationen Fig. 426 und 427, welche beide sich z. B. an Krystallen des chlorsauren Natrons finden, sind nicht congruente hemiëdrische Formen; sie verhalten sich wie links und rechts (wie die linke und die rechte Hand z. B., welche auch von denselben Begrenzungselementen, aber in entgegengesetzter Ordnung an einander gereiht, begrenzt werden); die eine ist nicht das Ebenbild, sondern sie ist das Spiegelbild der andern.

Das Auftreten von nicht congruenten hemiëdrischen Formen ist in vielen Fällen mit der Fähigkeit einer Substanz, auf die Polarisationsebene des Lichtes drehend einzuwirken, innig verbunden.

Zwillinge der hemiëdrischen Formen.

Die hemiëdrischen Formen des regulären Systems bilden §. 121.
Zwillinge nach demselben Gesetz, wie die holoëdrischen Formen (vergl. §. 93), nämlich dass die zwei Individuen, welche zu einem Zwilling vereinigt sind, eine einer Oktaëderfläche parallele Fläche gemeinsam haben, und um 180° um eine auf diese Fläche rechtwinklige Linie (um eine hexaëdrische Axe) gegen einander gedreht sind. So finden sich am Fahlerz Zwillinge: zwei Tetraëder haben eine hexaëdrische Axe (hier also eine Linie, welche ein Tetraëdereck mit dem Mittelpunkte der gegenüberliegenden Fläche verbindet) gemeinsam, und das eine ist um diese Axe um 180° gegen das andere gedreht; die Flächen dieser beiden Tetraëder, in welchen die gemeinschaftliche hexaëdrische Axe ausmündet, liegen in einer Ebene. Fig. 31 zeigt diese Zwillingsbildung so gezeichnet, dass die gemeinschaftliche hexaëdrische Axe senkrecht steht.

Bei allen oben §. 92 bis 99 betrachteten Zwillingen und bei dem eben besprochenen stehen die Axensysteme der beiden Krystallindividuen, die den Zwilling bilden, nicht parallel. Holoëdrische Formen können unmöglich Zwillinge bilden, deren Individuen parallele Axensysteme haben; sie können nur Zu-

sammenwachsungen von einzelnen Krystallen bilden, deren Axen parallel liegen. Denn sobald man sich solche holoëdrische Formen mit parallelen Axensystemen so gerückt denkt, dass sie Einen Punkt gemeinschaftlich zum Mittelpunkt haben, so fallen ihre entsprechenden Flächen zusammen, es entsteht dann nur ein einfacher Krystall. Bei hemiëdrischen Krystallen kann man sich hingegen über ein und dasselbe Axensystem zwei in ihrer Stellung ganz verschiedene Formen denken, und sie können mithin Zwillingskrystalle mit parallelen Axensystemen bilden. Solche Zwillinge finden sich denn auch bei geneigtflächig-hemiëdrischen und bei parallelflächig-hemiëdrischen Formen; Fig. 172 stellt einen Durchkreuzungszwilling dar, gebildet aus zwei Tetraëdern mit parallelen Axen, von denen das eine um eine oktaëdrische Axe um 180° gegen das andere gedreht ist (die Form findet sich am Diamant); Fig. 173 einen nach demselben Gesetz gebildeten Durchkreuzungszwilling, welcher durch zwei in entgegengesetzter Stellung befindliche Pentagonaldodekaëder $\frac{2O\infty}{2}$ hervorgebracht wird (Eisenkies).

Uebersicht einiger im regulären System krystallisirenden Substanzen.

§. 122. Unter den Substanzen, welche in Formen des regulären Systems krystallisiren, heben wir folgende als besonders wichtige hervor.

Die meisten der chemisch unzerlegbaren Substanzen gehören hierher, namentlich:

Kohlenstoff in der Modification als Diamant zeigt vorzüglich $\pm\frac{O}{2}$ (Fig. 136), meist im Gleichgewicht zu O (Fig. 73) vereinigt, und ∞O (Fig. 80); sodann mO (ähnlich Fig. 94), mOn (ähnlich Fig. 98), $mO\infty$ (ähnlich Fig. 95); Combinationen wie Fig. 74, 78 u. a.; Zwillinge wie Fig. 115 und 120 (vergl. §. 93), 125 und 130 (vergl. §. 98), Fig. 172 (vergl. §. 121) u. a. Sehr vollkommen spaltbar parallel O. — Der Kohlenstoff ist dimorph, vergl. §. 236.

Silicium zeigt nadelförmige Aggregate von O oder $\frac{O}{2}$.

Phosphor zeigt O (Fig. 73) und ∞O (Fig. 80).

Kalium zeigt sublimirt $\bar{\infty} O \infty$ (Fig. 77), und auf Schnittflächen Würfelzeichnungen.

Natrium gleichfalls, und Aggregate von O (vergl. §. 90).

Am Magnesium ist O (Fig. 73) beobachtet.

Cadmium zeigt O (Fig. 73).

Eisen zeigt manchmal Spaltbarkeit parallel $\infty O \infty$, auch Aggregate von O (vergl. §. 90).

An Blei ist O (Fig. 73) beobachtet.

Kupfer zeigt $\infty O \infty$ (Fig. 77), O (Fig. 73), ∞O (Fig. 80), $2O\infty$ (Fig. 95), und Combinationen dieser Formen wie Fig. 74, 76, 81, 82, 84, $\infty O \infty . 2O\infty$ ähnlich Fig. 96, u. a.; auch Aggregate von O (vergl. §. 90). Zwillingskrystalle wie Fig. 123 (vergl. §. 95 und 97) und wie Fig. 126—128 oder 131—133 (vergl. §. 99).

Am Quecksilber ist O (Fig. 73) beobachtet.

Silber zeigt $\infty O \infty$ (Fig. 77), O (Fig. 73), ∞O (Fig. 80), selten $3O3$ (Fig. 87); Combinationen wie Fig. 74, 76; Zwillinge wie Fig. 117 oder 122 (vergl. §. 94 und 96).

Gold zeigt $\infty O \infty$ (Fig. 77), O (Fig. 73), ∞O (Fig. 80), $3O3$ (Fig. 87) selbstständig oder in Combinationen wie Fig. 74, 76, 82, $\infty O \infty . 3O3$ ähnlich Fig. 91, u. a.

Palladium zeigt wahrscheinlich auch $\infty O \infty$ (Fig. 77) und O (Fig. 73), und ist dann dimorph, vergl. §. 236.

§. 123. Auch die meisten Verbindungen von Metallen unter sich krystallisiren regulär.

Kaliumamalgam, Ammoniumamalgam und Zinnamalgam zeigen $\infty O \infty$ (Fig. 77), Cadmiumamalgam O (Fig. 73); Silberamalgam vorherrschend ∞O (Fig. 80), in Combination mit O (Fig. 79), $2O2$ (Fig. 85), $\infty O \infty$ u. a.

Goldsilber (Elektrum) zeigt die für Gold und Silber angegebenen Formen, Iridiumplatin Combinationen von $\infty O \infty$ und O (Fig. 74, 75, 76).

§. 124. Arsenikkobalt (Speiskobalt, Co As, wo Co theilweise durch Fe oder Ni) und Arseniknickel (Weissnickelkies, Ni As, wo Ni theilweise durch Fe oder Co ersetzt sein kann) sind

isomorph; sie zeigen vorherrschend $\infty O \infty$ (Fig. 77), auch O (Fig. 73), Combinationen wie Fig. 74, 75, 76, 82, 84 u. a.

Arsenikkobalt (Tesseralkies, Co_2As_3) zeigt dieselben Formen.

§. 125. An Magnesia (Periklas, MgO), Manganoxydul (MnO), Cadmiumoxyd (CdO) und Nickeloxydul (NiO) ist O (Fig. 73) beobachtet.

Isomorph sind arsenige Säure (AsO_3) und Antimonoxyd (SbO_3); erstere krystallisirt meistens regulär und zeigt dann O (Fig. 73, vergl. §. 90), letzteres selten und zeigt dann dieselbe Form; regulär krystallisirt kommt das Antimonoxyd als Senarmontit natürlich vor. Beide sind dimorph; vergl. §. 287.

Eine grosse Anzahl isomorpher Substanzen entsteht durch Vereinigung eines Metalloxyds MeO mit einem Oxyd Me_2O_3; so

MgO, Al_2O_3 = Spinell,	FeO, Fe_2O_3 = Magneteisen,
ZnO, Al_2O_3 = Gahnit,	ZnO, Fe_2O_3 = Franklinit,
FeO, Al_2O_3 = Hercinit,	FeO, Cr_2O_3 = Chromeisen

u. a. (Pleonast, Chlorospinell, Ceylonit, Dysluit, Kreittonit z. B.), da in den genannten Formeln sich die ersten Glieder unter sich, und eben so auch die zweiten in wechselnden Verhältnissen vertreten können (in den obigen Formeln sind die vorwaltenden Bestandtheile als die alleinigen geschrieben). Herrschende Form ist meistens O (Fig. 73), auch ∞O (Fig. 80); Combinationen wie Fig. 74, 75, 76, 78, 79 u. a. Zwillinge wie Fig. 115 oder 120 (vergl. §. 93).

Kupferoxydul (Rothkupfererz, Cu_2O) zeigt O (Fig. 73), ∞O (Fig. 80), $\infty O \infty$ (Fig. 77); Combinationen wie Fig. 74, 76, 78, 79, 81, 83 u. a.; Spaltbarkeit parallel O. An künstlich dargestelltem Schwefelkupfer (Cu_2S) wurde O (Fig. 73) beobachtet (es ist dimorph, vergl. §. 288); an Kupferchlorür (Cu_2Cl) $\frac{O}{2}$ (Fig. 134).

§. 126. Viele Verbindungen, welche auf 1 Aeq. Metall 1 Aeq. Schwefel, Selen oder Tellur enthalten, krystallisiren im regulären System.

Schwefelmangan (Manganblende, Alabandin, MnS) zeigt $\infty O \infty$ (Fig. 77); spaltbar nach $\infty O \infty$.

Schwefelzink (ZnS; es ist dimorph, vergl. §. 239) zeigt

als Zinkblende ∞O (Fig. 80); $\pm \frac{O}{2}$ (Fig. 136), auch im Gleichgewicht zu O (Fig. 73) vereinigt; $\frac{O}{2} \cdot \infty O$ (Fig. 139) u. a. (vergl. §. 107). Zwillinge wie Fig. 115 o. 120 (vergl. §. 93), und wie Fig. 125 o. 130 (vergl. §. 98). Höchst vollkommen spaltbar parallel ∞O.

Schwefelblei (Bleiglanz, PbS) zeigt $\infty O \infty$ (Fig. 77) vorwaltend, und O (Fig. 73), ∞O (Fig. 80), $2O$ (Fig. 94), $2O2$ (Fig. 86) u. a. in Combinationen wie Fig. 74, 75, 76, 83, 84, 91 (auch mit O) u. a. (vergl. §. 75); Zwillingskrystalle wie Fig. 126 o. 131, 127 o. 132, 128 o. 133 (vergl. §. 99). Sehr vollkommen spaltbar parallel $\infty O \infty$. — Ihm schliessen sich an Tellurblei (PbTe), Selenblei (PbSe) und Selenquecksilberblei.

Schwefelsilber (AgS) zeigt als Glaserz o. Silberglanz $\infty O \infty$ (Fig. 77), O (Fig. 73), ∞O (Fig. 80), $2O2$ (Fig. 86), und Combinationen wie Fig. 74, 76, 82, 91, 92 u. a. (Es ist dimorph, vergl. §. 288.) An dasselbe schliesst sich das Selensilber (AgSe).

Schwefeleisen (Schwefelkies, Eisenkies, FeS_2) zeigt vor- §. 127.
herrschend $\infty O \infty$ (Fig. 77), O (Fig. 73), $2O2$ (Fig. 86), $\frac{2O\infty}{2}$ (Fig. 155), $\frac{3/2 O\infty}{2}$ (ähnlich dem vorigen), $\left[\frac{3O3/2}{2}\right]$ (Fig. 165), $\left[\frac{4O2}{2}\right]$ (Fig. 164); Combinationen wie Fig. 74, 75, 76, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 167, 168, 169, 171 u. a. (§. 119); Zwillinge wie Fig. 173 (vergl. §. 121). (Es ist dimorph, vergl. §. 288.) — Isomorph damit ist das Schwefelmangan (Hauerit, MnS_2), an welchem gewöhnlich O (Fig. 73) vorherrscht.

Isomorph sind folgende Verbindungen: §. 128.

Arsenikkobalt-Schwefelkobalt (Kobaltglanz, CoAs + CoS_2) zeigt $\infty O \infty$ (Fig. 77), O (Fig. 73), $\frac{2O\infty}{2}$ (Fig. 155); und Combinationen wie Fig. 74, 75, 76, 157, 158, 160, 161, 162 u. a. Spaltbar parallel $\infty O \infty$.

Arseniknickel-Schwefelnickel (Nickelglanz, NiAs + NiS_2) zeigt dieselben Combinationen und dieselbe Spaltbarkeit.

Antimonnickel-Schwefelnickel (Nickelantimonglanz, $NiSb + NiS_2$) zeigt dieselbe Spaltbarkeit, und meistens O (Fig. 73) mit Flächen von $\infty O \infty$ (wie Fig. 74).

§. 129. Schwefelantimon-Schwefelnatrium (Schlippe'sches Salz, $3NaS, SbS_5 + 18HO$) zeigt $\frac{O}{2}$ (Fig. 134), und Combinationen wie Fig. 136, 139 u. a.

Fahlerz ($4MeS, RS_3$, wo $Me = Cu_2$, Ag, Hg, Zn u. Fe, $R = Sb$ u. As) zeigt selbstständig oder vorherrschend $\frac{O}{2}$ (Fig. 134), ∞O (Fig. 80), $\frac{2O2}{2}$ (Fig. 144); Combinationen wie Fig. 136, 139, 140, 146, 147, 148, 151 u. a. (vergl. §. 103, 107, 110, 113); Zwillinge wie Fig. 31 (vergl. §. 121).

§. 130. Viele Verbindungen, welche 1 Aeq. eines Salzbilders auf 1 Aeq. eines Metalls enthalten, krystallisiren regulär.

Chlorammonium (Salmiak, AmCl) zeigt O (Fig. 73), $\infty O \infty$ (Fig. 77), ∞O (Fig. 80), $2O2$ (Fig. 86); Combinationen wie Fig. 74, 75, 76, 82, 84 (vergl. §. 60, 62, 71); Verzerrungen wie Fig. 424 u. 425 (vergl. § 88); Zwillingskrystalle wie Fig. 126 o. 131, 127 o. 132, 128 o. 133 (vergl. §. 99). Spaltbar parallel O.

Jod-, Brom- und Cyanammonium (AmJ, AmBr, AmCy) zeigen vorwaltend $\infty O \infty$.

Chlorkalium (KCl), Bromkalium (KBr), Jodkalium (KBr), Fluorkalium (KFl), Cyankalium (KCy) zeigen meist $\infty O \infty$ (Fig. 77), seltener O (Fig. 73) und Combinationen beider, selten Fig. 82 (vergl. §. 67). Wohl sämmtlich spaltbar parallel $\infty O \infty$. Zwillinge wie bei Chlorammonium (vergl. §. 99).

Chlorrubidium (RbCl) und Chlorcäsium (CsCl) krystallisiren auch in Würfeln.

Chlornatrium (Kochsalz, Steinsalz, NaCl) zeigt $\infty O \infty$ (Fig. 77), O (Fig. 73), und Combinationen wie Fig. 74, 75, 76, 82, 84, $\infty O \infty . 2O \infty$ (ähnlich Fig. 96) u. a. Sehr vollkommen spaltbar parallel $\infty O \infty$. (Vergl. §. 60, 63, 67, 78, 90.) — Jodnatrium (NaJ), Bromnatrium (NaBr), Fluornatrium (NaFl) zeigen vorzugsweise $\infty O \infty$ (Fig. 77); alle auch Zwillinge wie Chlorammonium (vergl. §. 99).

An Chlorlithium (Li Cl) ist O (Fig. 73) und $\infty O \infty$ (Fig. 77) beobachtet.

Fluorcalcium (Flussspath, Ca Fl) zeigt $\infty O \infty$ (Fig. 77), O (Fig. 73), ∞O (Fig. 80), $3 O \infty$ (ähnlich Fig. 95), und Combinationen wie Fig. 74, 75, 76, 78, 82, 91, 96, 100 u. a. (vergl. §. 91). Zwillinge wie bei Clorammonium (vergl. §. 99). Sehr vollkommen spaltbar parallel O.

An Chloruran (U Cl) ist O (Fig. 73) beobachtet.

Jodzink (Zn J) zeigt O (Fig. 73) und Combinationen mit $\infty O \infty$ wie Fig. 74 und 75.

Chlorsilber (Ag Cl) und Bromsilber (Ag Br) zeigen O (Fig. 73), $\infty O \infty$ (Fig. 77), und Combinationen wie Fig. 74, 75, 76, 81, 82.

Cyanzink-Cyankalium (Zn Cy, K Cy) und Cyancad- §. 131.
mium-Cyankalium (Cd Cy, K Cy) zeigen O (Fig. 73); ebenso Cyanquecksilber-Cyankalium (Hg Cy, K Cy) und Cyansilber-Cyankalium (Ag Cy, K Cy).

Die Doppelsalze von Chlorammonium, Chlorkalium, Chlorrubidium oder Chlorcäsium mit Zinn-, Platin-, Palladium- oder Iridiumchlorid (allgemeine Formel, wenn A das Alkalimetall, Me das andere bedeutet: $Me Cl_2$, A Cl) und die entsprechenden Bromverbindungen zeigen vorherrschend oder allein O (Fig. 73), seltener (nur die Zinn-Doppelsalze häufig) $O . \infty O \infty$ (Fig. 74 o. 75). (Vergl. §. 90.)

Cyantitan-Stickstofftitan ($TiCy + 3 Ti_3N$; sogenanntes Hohofen-Titan, früher für metallisches Titan gehalten) zeigt $\infty O \infty$ (Fig. 77); Spaltbarkeit parallel O, $\infty O \infty$ und ∞O.

Borsaures Natron (oktaëdrischer Borax, $Na O, 2 B O_3$ §. 132.
$+ 5 H O$) zeigt O (Fig. 73).

Boracit ($2 [3 Mg O, 4 B O_3] + Mg Cl$) zeigt als vorherrschende Formen $\infty O \infty$ (Fig. 77), ∞O (Fig. 80), $\frac{O}{2}$ (Fig. 134), oder $+\frac{O}{2} . -\frac{O}{2}$ im Gleichgewicht zu O (Fig. 73) vereinigt, und die Combinationen Fig. 137, 140, 141, 142, 143, 154 u. a. (Vergl. §. 103, 113.)

Chlorsaures und bromsaures Natron ($Na O, Cl O_5$ und $Na O, Br O_5$) zeigen $\frac{O}{2}$ (Fig. 134), und die Combinationen Fig.

136, 137, 139, 140 u. a. (vergl. §. 103); oft auch $\infty O \infty$ vorherrschend, mit $\frac{2O\infty}{2}$ und $+\frac{O}{2}$ oder $-\frac{O}{2}$ (vergl. §. 120b).

Jodsaures Kali (KO, JO_5) zeigt (selten deutlich) $\infty O \infty$ (Fig. 77) und $\infty O \infty . \infty O$ (Fig. 82).

Salpetersaurer Baryt, Strontian oder Bleioxyd (BaO, NO_5; SrO, NO_5; PbO, NO_5) zeigen vorwaltend O (Fig. 73), häufig Combinationen mit $\infty O \infty$ wie Fig. 74 oder 75; das Bleisalz auch $\frac{2O\infty}{2}$ in der Combination Fig. 159 (vergl. auch §. 83).

Chlorsaures Nickeloxydul, Kobaltoxydul und Kupferoxyd, sowie bromsaures Nickeloxydul, Kobaltoxydul, Zinkoxyd und Magnesia (allgemeine Formel: $MeO, \overset{Cl}{o.Br} O_5 + 6HO$, wo Me = Ni, Co, Cu, Zn oder Mg) zeigen O (Fig. 73).

§. 133. Die grosse Gruppe der Alaune umfasst die Doppelsalze aus schwefelsaurem Alkali (Kali, Ammoniumoxyd, Rubidiumoxyd, Cäsiumoxyd, Natron) und schwefelsaurer Thonerde, Eisen-, Mangan- oder Chromoxyd; allgemeine Formel, wenn A = K, Am, Rb, Cs o. Na, Me = Al, Fe, Mn o. Cr ist: $Me_2O_3, 3SO_3 + AO, SO_3 + 24HO$. Sie zeigen vorwaltend O (Fig. 73), seltener $\infty O \infty$ (Fig. 77); Combinationen wie Fig. 74, 75, 76, 78, 82, 83, 84, 92, 93, 97, 99 u. a.; Verzerrungen u. a. wie Fig. 104 bis 109 (vgl. §. 67, 70, 71, 72, 74, 80, 81, 84—88, 116).

§. 134. Die Gruppe der Granate umfasst kieselsaure Verbindungen von der Formel $3MeO, SiO_3 + Me_2O_3, SiO_3$ wenn Si = 21, oder $3\,[2MeO, SiO_2] + 2\,Me_2O_3, 3\,SiO_2$ wenn Si = 14, wo MeO = CaO, MgO, MnO oder FeO, und $Me_2O_3 = Al_2O_3, Fe_2O_3$, Cr_2O_3 oder Mn_2O_3 ist, und je nach der Zusammensetzung Kaneelstein, Grossular, Almandin, Melanit, Uwarowit, Pyrop u. a. unterschieden werden. Selbstständige oder herrschende Formen sind ∞O (Fig. 80) und $2O2$ (Fig. 86); gewöhnlichere Combinationen wie Fig. 81, 85 u. a. (vergl. §. 81).

§. 135. Leucit ($3KO, 2SiO_3 + 3\,[Al_2O_3, 2SiO_3]$ wenn Si = 21, oder $KO, SiO_2 + Al_2O_3, 3SiO_2$ wenn Si = 14) zeigt $2O2$ (Fig. 86).

Analcim ($3\,NaO, 2\,SiO_3 + 3\,[Al_2O_3, 2\,SiO_3] + 6\,HO$ wenn $Si = 21$, oder $NaO, SiO_2 + Al_2O_3, 3\,SiO_2 + 2\,HO$ wenn $Si = 14$) zeigt $2O2$ (Fig. 86) und dasselbe mit $\infty O \infty$ combinirt (Fig. 91).

§. 136. Essigsaures Uranoxyd-Natron ($2\,[U_2O_3, C_4H_3O_3] + NaO, C_4H_3O_3$) zeigt vorherrschend $\frac{O}{2}$ (Fig. 134), gewöhnlich combinirt mit ∞O (Fig. 139).

Quadratisches System.

§. 137. Die Krystalle des quadratischen Systems haben drei zu einander rechtwinklige Axen, von denen zwei (die Nebenaxen) gleichartig sind, die dritte (die Hauptaxe) ungleichartig ist. Jede Form dieses Systems wird bei der Betrachtung so gestellt, dass die Hauptaxe senkrecht steht, und die eine Nebenaxe gegen den Beobachter gerichtet ist. In dieser Stellung zeigen alle Krystalle des quadratischen Systems gleiche Ausbildung links, rechts, vorn und hinten, andere Ausbildung aber oben und unten.

Die Hauptaxe ist von den Nebenaxen verschieden, zunächst in Beziehung darauf, dass die Krystalle an den Enden der ersteren anders ausgebildet sein können, als an den Enden der letzteren; sodann aber auch in Beziehung auf die Grösse. Den Nebenaxen bleibt die Bezeichnung a, die Hauptaxe wird mit c bezeichnet. Die Lage der Flächen wird eben so angegeben wie früher; $a:a:c$ bedeutet eine Fläche, welche die zwei gleichartigen Axen in demselben Abstand vom Mittelpunkt, die ungleichartige aber in einem anderen Abstand vom Mittelpunkt schneidet; um die Lage dieser Flächen genauer noch zu bestimmen, lässt man c eine bestimmte Zahl bedeuten, die, wie später (§. 170) anzugeben ist, bei jeder einzelnen quadratisch krystallisirenden Substanz besonders ermittelt werden muss. Die Grösse der Hauptaxe wird dann stets bezogen auf die Länge einer Nebenaxe als Einheit; bei einem Krystall, wo $c = 1{,}888$ ist, bedeutet also $a:a:c$ eine Fläche, welche die Hauptaxe in dem 1,888 fach so grossen Abstand vom Mittelpunkt schneidet, als die zwei Nebenaxen. $a:a:\infty c$ bedeutet Flächen,

von denen jede die zwei Nebenaxen gleich weit vom Mittelpunkt schneidet, und mit der Hauptaxe parallel geht. Die Abkürzung dieser Formeln wird bei den einzelnen Gestalten besprochen werden.

Ueber die Zeichnung des Axenkreuzes des quadratischen Systems braucht kaum etwas besonders gesagt zu werden; man zeichnet die in Wirklichkeit zu einander rechtwinkligen Linien, wie §. 17 angegeben wurde, markirt auf der von links nach rechts und auf der von vorn nach hinten gehenden Axe Punkte, welche in Wirklichkeit gleich weit vom Mittelpunkt abstehen, und auf der von oben nach unten gehenden Punkte, welche c mal so weit vom Mittelpunkt entfernt sind, als die ersteren. So stellen die punktirten Linien Fig. 361 ein Axenkreuz dar, an welchem $c = 0{,}85$.

Einfache holoëdrische Formen.

Die einfachste Form, welche dieses System aufzuweisen hat, ist begrenzt durch Flächen in der Richtung $a:a:c$. Solcher Flächen kann man um ein Axenkreuz acht legen; sie begrenzen eine doppelte quadratische Pyramide oder quadratische Pyramide schlechtweg, die auch als gleichkantige vierseitige oder tetragonale Pyramide, viergliedriges Oktaëder, Quadratoktaëder bezeichnet wird. §. 138.

Es ist eine solche (Fig. 360, 361, 362) begrenzt durch 8 gleichschenklige Dreiecke. Sie hat 6 Ecken, welche aber zweierlei Art sind; 2 Ecken A liegen an den Enden der Hauptaxe, 4 Ecken B an den Enden der Nebenaxen; erstere heissen Endecken, letztere Seitenecken. Sie hat 12 Kanten, welche gleichfalls zweierlei Art sind; 4 Seitenkanten, BB, verbinden je zwei Seitenecken, 8 Endkanten, AB, verbinden je ein Seiten- und ein Endeck.

Eine quadratische Pyramide ist somit von dem Regulär-oktaëder sehr verschieden, welches gleichseitig dreieckige Flächen, 6 gleiche Ecken und 12 gleiche Kanten hat. Sie unterscheidet sich davon in den Dimensionen, sofern bei dem Regulär-oktaëder alle Axen gleich lang sind, bei einer quadratischen Pyramide aber die 2 Nebenaxen gleich, und die Hauptaxe ungleich lang. Ist die Hauptaxe kleiner als eine Neben-

axe (Fig. 360), so sind die Flächen der quadratischen Pyramide stumpfe gleichschenklige Dreiecke, und die Pyramide selbst heisst dann eine stumpfe; ist die Hauptaxe grösser (Fig. 362), so sind die Flächen spitze gleichschenklige Dreiecke, die Pyramide selbst eine spitze*). — Bei dem Regulär-Oktaëder giebt jeder Schnitt parallel zwei Axen ein Quadrat; bei einer quadratischen Pyramide giebt nur ein Schnitt parallel den Nebenaxen ein Quadrat, ein parallel einer Neben- und der Hauptaxe gelegter einen Rhombus.

Die verschiedenen Substanzen, welche in dem quadratischen System krystallisiren, zeigen sehr verschieden spitze und stumpfe Pyramiden; es können solche vorkommen, welche den Dimensionen nach von einem Regulär-Oktaëder kaum zu unterscheiden sind, denn da die Hauptaxe sehr verschiedene Länge haben kann, so kann ihre Länge möglicher Weise auch einmal so nahe $= 1$, d. i. so nahe gleich der einer Nebenaxe sein, dass der Unterschied kaum bestimmbar ist. Aber auch dann ist eine solche quadratische Pyramide keineswegs mit einem Regulär-Oktaëder identisch; an der ersteren können z. B. die Endecken abspaltbar sein, ohne dass auch die Seitenecken abspaltbar zu sein brauchen, oder umgekehrt, während bei einem Regulär-Oktaëder alle Ecken sich durch Spaltung abstumpfen lassen müssen, wenn Eine Ecke dieses zulässt. Eben so sind alle Kanten eines Regulär-Oktaëders gleich, und werden mithin alle auf gleiche Weise abgeändert, während bei einer quadratischen Pyramide sich die Endkanten und die Seitenkanten ganz unabhängig von einander verändern; letztere können z. B. Abstumpfung durch Spaltung zulassen, ohne dass man dieselbe Veränderung an den Endkanten hervorbringen kann. (Ueber Verwechslungen vergl. sonst noch §. 249, 257, 259, 268, 319.)

Zur genaueren Bestimmung einer quadratischen Pyramide, d. i. zur Ermittelung des Grössenverhältnisses zwischen der Hauptaxe und einer Nebenaxe, dient die Bestimmung eines Winkels an der Pyramide; man kann messen, unter welchem

*) Modell 20 zeigt eine stumpfe, Modell 21 eine spitze quadratische Pyramide. In der ersteren ist die Hauptaxe 0,85-, in der letzteren 1,2mal so gross, als eine Nebenaxe.

Winkel die Flächen in einer Endkante, oder unter welchem sie in einer Seitenkante zu einander geneigt sind. Ueber die Ableitung des Axenverhältnisses aus einer solchen Messung vergl. §. 170.

§. 139. Verschiedene Substanzen zeigen sehr verschieden spitze oder stumpfe Pyramiden. An dem rothen Quecksilberjodid (HgJ) ist z. B. die Hauptaxe 1,997mal, an dem Honigstein 0,7453mal so gross als eine Nebenaxe. Aber auch an Krystallen von einer und derselben Substanz kommen verschiedene Pyramiden vor, selbst an einem und demselben Krystall. So z. B. zeigt sich an dem quadratischen schwefelsauren Nickeloxydul eine Gestalt, wie Fig. 32 darstellt: eine Combination zweier Pyramiden, welche in der Figur beide nach den vorderen Kanten vollständig gezeichnet sind; von beiden zeigt sich an dem wirklichen Krystall nur so viel, dass die in Fig. 32 durch Schattirung hervorgehobene Form entsteht; die stumpfere Pyramide bildet an der spitzeren Zuspitzungen der Endecken.

Die verschiedenen Pyramiden, welche sich an Krystallen derselben Substanz finden, stehen indess alle unter einander in einfachen Verhältnissen, was die Grösse der Hauptaxen gegen die der Nebenaxen angeht. So z. B. combiniren sich an dem schwefelsauren Nickeloxydul, Fig. 32, zwei Pyramiden, an deren einer die Hauptaxe 1,888mal so gross als eine Nebenaxe ist, während an der anderen die Hauptaxe 0,944mal so gross als eine Nebenaxe ist. Die Längen der Hauptaxen, auf gleiche Längen der Nebenaxen bezogen, verhalten sich hier wie 2:1. So kommen Pyramiden zusammen in Combination vor, deren Hauptaxen, auf gleiche Längen der Nebenaxen bezogen, sich verhalten wie 1 zu $^1/_2$ oder zu $^1/_3$ oder zu 2 oder zu $^3/_2$ u. s. w. — Man wählt eine der Pyramiden zum Ausgangspunkt für die Bezeichnung der übrigen, zur Grundform; z. B. diejenige, parallel deren Flächen Spaltbarkeit vorhanden ist, oder auf welche sich die anderen am einfachsten beziehen lassen (es wird dieses letztere an einem bestimmten Beispiel §. 156 deutlicher werden) In letzterer Beziehung nimmt man z. B. bei dem schwefelsauren Nickeloxydul die Pyramide zur Grundform, an welcher die Hauptaxe 1,888mal so gross als eine Nebenaxe ist; die Lage der Flächen derselben ist bezeichnet durch $a:a:c$, wenn a irgend einen Abstand (vom Mittelpunkt) auf einer Nebenaxe,

c den 1,888fachen auf der Hauptaxe bedeutet; ausserdem kommen noch vor verschiedene andere Pyramiden, deren Flächen allgemein die Lage haben $a:a:mc$, wo m eine Zahl ausdrückt, die zu 1 in einem einfachen und rationalen Verhältniss steht. So treten am schwefelsauren Nickeloxydul auch Flächen $a:a:\frac{1}{2}c$ und $a:a:\frac{1}{3}c$ auf, an anderen Substanzen (für deren Grundform der Werth von c natürlich eine ganz andere Zahl sein kann) Flächen $a:a:2c$, $a:a:\frac{3}{2}c$, $a:a:3c$ u. s. w.

Diese Bezeichnungen werden abgekürzt in der Weise geschrieben, dass man die Grundform mit P bezeichnet, und bei jeder anderen Pyramide durch eine vor P gesetzte Zahl angiebt, wie ihre Hauptaxe im Verhältniss zu der der Grundform anders ist. Es werden also die Bezeichnungen

$a:a:c$	abgekürzt zu	P
$a:a:\frac{1}{2}c$		$\frac{1}{2}P$
$a:a:3c$		$3P$

§. 140. Von einer Grundform aus leitet sich also eine Reihe von Pyramiden ab, welche theils spitzer, theils stumpfer als die Grundform sind; erstere entstehen, indem man sich die Hauptaxe der Grundform nach einfachen Verhältnissen verlängert, letztere, indem man sie sich ebenso verkürzt denkt.

Die äusserste Grenze für die Verlängerung ist die, dass man sich die Hauptaxe unendlich gross denkt; in diesem Falle werden die Flächen der bisherigen Pyramide der Hauptaxe parallel, je zwei Flächen der bisherigen Pyramide fallen in Eine Ebene zusammen, und es bildet sich ein quadratisches (tetragonales) Prisma (Fig. 363), dessen Flächen die Lage haben $a:a:\infty c$, und dessen abgekürztes Zeichen also ist ∞P. Dieses Prisma ist eine ungeschlossene (nach oben und unten offene) Form; an vollständig ausgebildeten Krystallen kann es nur in Combination mit anderen Formen auftreten. Jedes quadratische Prisma hat vier gleichartige Flächen, und vier gleichartige Kanten; wird in Combinationen eine dieser Kanten durch eine oder mehrere andere Flächen ersetzt, so muss dieselbe Veränderung auch die drei anderen Kanten treffen. (Ueber Verwechslungen dieser Form vergl. §. 250, 257, 259, 314, 329.)

Die äusserste Grenze für die Verkürzung der Hauptaxe der Grundform ist, wenn wir uns ihre Länge = 0 denken; dann geht die Pyramide über in eine Fläche, welche die Hauptaxe in 0 Entfernung von dem Mittelpunkt schneidet, wenn sie durch die beiden Nebenaxen geht. Diese Fläche hat also das Zeichen $a:a:0c$ oder $0P$; sie heisst die Endfläche oder Basis. Diese ungeschlossene Form tritt immer doppelt, oben und unten, an einem Krystall auf; dieses Flächenpaar wird auch als basisches Pinakoid bezeichnet.

Fig. 359 bis 363 zeigen, wie aus einer Grundform P sich die stumpferen und spitzeren Pyramiden, das Prisma und die Endfläche ableiten.

§. 141.

Ausser den eben besprochenen Formen kommen noch andere vor, die sich wesentlich in Beziehung auf ihre Stellung von jenen unterscheiden. Die Formen mP, wo m grösser oder kleiner ist als 1, und ∞P haben insofern gleiche Stellung mit der Grundform, als jede Fläche aller dieser Formen zwei Nebenaxen in gleichem Abstand vom Mittelpunkt schneidet; es giebt andere Formen, von deren Flächen jede nur eine Nebenaxe schneidet, und mit der zweiten parallel läuft.

So zeigen sich an der Grundform des schwefelsauren Nickeloxyduls die Endkanten öfters abgestumpft, Fig. 33a; denkt man sich diese Abstumpfungsflächen vergrössert, so entsteht eine quadratische Pyramide von der Form und Stellung, wie sie Fig. 33b zeigt. Die Lage der Nebenaxen ist durch die Grundform in der Art bestimmt, dass jede zwei sich gegenüberliegende Seitenecken derselben verbindet; in Beziehung auf diese Nebenaxen haben nun die Flächen der Pyramide, Fig. 33b, eine Lage, die sich allgemein durch die Formel $a:\infty a:mc$ ausdrücken lässt, d. h. sie schneiden eine Nebenaxe und die Hauptaxe in irgend einem Verhältniss, und gehen mit der zweiten Nebenaxe parallel. Abgekürzt bezeichnet man dies, indem man durch ein hinter P gesetztes Zeichen andeutet, wie die eine Nebenaxe durch jede Fläche anders geschnitten wird, als in der Grundform.

Die weitläufigen Zeichen	$a:a;c$	sind abgekürzt	P
	$a:\infty a:c$		$P\infty$
	$a:\infty a:mc$		$mP\infty$

Diejenigen Pyramiden, welche eine ähnliche Stellung wie die Grundform haben (d. h. deren Flächen die zwei Nebenaxen gleichweit vom Mittelpunkt schneiden, und welche, wenn die Grundform mit einem Seiteneck nach vorn gestellt ist, gleichfalls nach vorn ein Seiteneck hinwenden), nennt man Pyramiden der ersten Ordnung; die anderen eben in Rede stehenden (d. h. deren Flächen mit einer Nebenaxe parallel gehen, und die bei der angegebenen Stellung der Grundform eine Seitenkante nach vorn hinwenden) Pyramiden der zweiten Ordnung.

Es kommen verschiedene Pyramiden der zweiten Ordnung vor; z. B. ausser derjenigen, von deren Flächen jede die Hauptaxe und eine Nebenaxe in demselben Verhältniss schneidet, wie dies bei der Grundform der Fall ist ($a : \infty a : c$, abgekürzt $P\infty$), auch solche, bei welchen die Hauptaxe in geringerem oder grösserem Abstand geschnitten wird ($a : \infty a : mc$ oder $mP\infty$, wo m kleiner oder grösser als 1 ist, aber stets in einem einfachen und rationalen Verhältniss zu 1 steht); Fig. 370 bis 372 zeigen verschiedene solche Pyramiden, deren Bezeichnung sich auf eine Fig. 361 dargestellte Grundform bezieht. Bei den Pyramiden zweiter Ordnung liegt jedes Seiteneck C zwischen zwei Nebenaxen, während bei den Pyramiden erster Ordnung (Fig. 360—362) jedes Seiteneck B in einer Nebenaxe liegt.

§. 142. Wird in dieser Reihe von Formen zweiter Ordnung $m = \infty$, so begrenzen die Flächen von der Lage $a : \infty a : \infty c$ oder $\infty P\infty$ den Raum so, wie es Fig. 373 zeigt; es entsteht so das quadratische Prisma zweiter Ordnung oder das zweite quadratische Prisma, welches bei richtiger Stellung eine Fläche nach vorn wendet, während das oben besprochene quadratische Prisma erster Ordnung oder das erste Prisma, ∞P, eine Kante nach vorn wendet.

Diese zwei Prismen unterscheiden sich von einander nicht in ihrer Form, sondern nur nach ihrer Stellung, und wo sie beide an derselben Substanz vorkommen, in Beziehung auf die verschiedenen Combinationen, die sie bilden (vergl. §. 149 und 150), manchmal auch nach der Spaltbarkeit (insofern, wenn beide Prismen an verschiedenen Krystallen einer Substanz vollständig ausgebildet wären welche Theilbarkeit parallel den Flächen

∞P besässe, die Spaltungsrichtung an $\infty P\infty$ Abstumpfung der Prismakanten hervorbringen würde; oder umgekehrt), und manchmal nach der Beschaffenheit der Oberfläche (insofern z. B. die Oberfläche von ∞P glänzend, die von $\infty P\infty$ rauh sein kann; oder umgekehrt). Hinsichtlich der möglichen Verwechslungen des quadratischen Prisma's zweiter Ordnung gilt das über das Prisma erster Ordnung (§. 140) Gesagte.

Die möglichste Verkürzung der Hauptaxe an den Pyramiden zweiter Ordnung giebt ein mit $0P$, der Endfläche, übereinstimmendes Resultat.

§. 143.

Unter den Pyramiden zweiter Ordnung kommen zwei besonders häufig vor; eine, deren Flächen dieselbe Lage und Neigung gegen die Hauptaxe haben, wie die Endkanten der Grundform, und eine zweite, deren Endkanten dieselbe Lage und Neigung gegen die Hauptaxe haben, wie die Flächen der Grundform. Man nennt erstere die erste stumpfere Pyramide der Grundform, letztere die erste spitzere Pyramide der Grundform.

Es ist leicht einzusehen, in welchen Verhältnissen diese beiden Pyramiden zweiter Ordnung die Axen schneiden. Fig. 34 zeigt einen Schnitt durch die beiden Nebenaxen einer Grundform; die Nebenaxen sind hier durch punktirte, die Seitenkanten der Grundform durch ausgezogene Linien angedeutet. Der Abstand vom Mittelpunkt, in welchem die Nebenaxen von diesen Seitenkanten geschnitten werden, heisse a. In dem Mittelpunkt des Axensystems denke man sich eine Linie senkrecht auf die Fläche des Papiers (durch eine eingesteckte Nadel wird sie leicht versinnlicht), deren oberes Ende in einem beliebigen Abstand c von dem Mittelpunkt entfernt sei. Die Flächen der Grundform gehen in der Richtung $a:a:c$, die Endkanten derselben in der Richtung $a:c$, die Flächen der ersten stumpferen Pyramide in der Richtung $a:\infty a:c$, d. h. eine von ihnen wird in der Richtung von c nach b und d, eine zweite von c nach d und f u. s. w. gehen. Die erste stumpfere Pyramide der Grundform P ist sonach $P\infty$, die irgend einer Pyramide erster Ordnung mP ist $mP\infty$. — Die Grundform einer jeden Pyramide erster Ordnung mP erleidet durch ihre erste stumpfere Pyramide eine Abstumpfung der Endkanten.

Die Endkanten der ersten spitzeren Pyramide sind so gegen

die Hauptaxe gestellt und geneigt, wie die Flächen der Grundform; d. h. diese Endkanten gehen in der Richtung h nach c, g nach c u. s. f. Die Flächen der ersten spitzeren Pyramide gehen also von c nach h und g, von c nach g und i u. s. w.; sie haben die Lage $\frac{1}{2}a:\infty a:c$ oder, was dasselbe ist, $a:\infty a:2c$, und das abgekürzte Zeichen $2P\infty$. Für jede Pyramide mP ist die zugehörige erste spitzere Pyramide $2mP\infty$. — Die Grundform und jede Pyramide erster Ordnung mP bringt an den Endkanten der zugehörigen ersten spitzeren Pyramide Abstumpfung hervor *).

Man kann auch von einer ersten stumpferen Pyramide einer Pyramide zweiter Ordnung $mP\infty$ sprechen, und darunter die Form verstehen, deren Flächen dieselbe Lage gegen die Hauptaxe haben, wie die Endkanten jener Pyramide $mP\infty$. So ist in unserem Beispiel die Pyramide $a:a:c$ oder P die erste stumpfere zu der $a:\infty a:2c$ oder $2P\infty$, und allgemein ist für jede Pyramide $mP\infty$ die erste stumpfere durch $\frac{1}{2}mP$ gegeben. — Für die Pyramide $a:\infty a:c$ oder $P\infty$ ist weiter die Pyramide $a:a:c$ oder P die erste spitzere, und allgemein ist für jede Pyramide $mP\infty$ eine Pyramide mP die erste spitzere, d. h. diejenige, deren Endkanten dieselbe Lage und Neigung gegen die Hauptaxe haben, wie die Flächen der ersteren.

Am häufigsten kommen, wie schon erwähnt, die erste stumpfere und die erste spitzere Pyramide der Grundform vor, in Combinationen, welche später (vergl. §. 147) erörtert werden. Aber die Ermittlung dieser Formen für jede beliebige Pyramide wird oft bei der Bestimmung von Combinationen erfordert (vergl. §. 156).

§. 144. Ausser den Formen, deren Flächen die zwei Nebenaxen gleich weit vom Mittelpunkt schneiden (Formen der ersten Ordnung) und denjenigen, deren Flächen eine Nebenaxe schneiden und mit der anderen parallel gehen (Formen der zweiten Ordnung), kommen noch solche, aber selten, vor, deren Flächen gehörig vergrössert die zwei Nebenaxen ungleich weit von dem

*) Für Modell 21 als P ist (bei richtiger Stellung) Modell 20 die erste stumpfere Pyramide $P\infty$; für Modell 20 als P ist Modell 21 die erste spitzere Pyramide $2P\infty$.

Mittelpunkt schneiden würden. Die Flächen dieser Formen gehen in der Richtung $a:na:mc$, wo n irgend eine Zahl bedeutet, welche in einem einfachen und rationalen Verhältniss zu 1 steht.

Die einfachste Form der Art, die sich aus einer Grundform $a:a:c$ oder P ableiten lässt, ist die, wo jede Fläche der neuen Form noch die Hauptaxe und eine Nebenaxe in demselben Verhältniss schneidet, wie an der Grundform, aber nach einem anderen Abstand auf der zweiten Nebenaxe hingeht. Fig. 366 zeigt eine derartige, auf Fig. 361 als Grundform bezogene, Gestalt $a:{}^3/_2a:c$ oder abgekürzt $P^3/_2$*). Die Richtung, in welcher die Flächen dieser Form zwischen den zwei Nebenaxen gehen, wird noch verständlicher aus Fig. 35, welche einen Schnitt durch die Seitenkanten der Fig. 366 darstellt; jede Seitenkante geht von a nach ${}^3/_2a$.

Es können Formen dieser Art vorkommen, wo auch die Hauptaxe nach einer gewissen (auch wieder einfachen und rationalen) Veränderungszahl abgeändert ist, $mP^3/_2$, wo m kleiner oder grösser ist als 1 (Fig. 365 zeigt ${}^1/_2P^3/_2$, Fig. 367 $2P^3/_2$, bezogen auf Fig. 361 als P). Die Flächen können auch in einer anderen Richtung zwischen den Nebenaxen liegen, als in der $a:{}^3/_2a$; so findet sich nicht selten die Richtung $a:3a$, an dem Zirkon z. B. Flächen in der Lage $a:3a:3c$ oder $3P3$.

Man bezeichnet alle Formen, deren Flächen die Hauptaxe und die zwei Nebenaxen in ungleichen Abständen schneiden, als symmetrisch-achtseitige Pyramiden, auch als ditetragonale oder ungleichkantig achtseitige Pyramiden, Dioktaeder oder Zirkonoide. Sie sind (Fig. 365—367) durch 16 ungleichseitige Dreiecke begrenzt; sie haben 2 Endecken A, 4 Seitenecken B, welche in den Nebenaxen, wie die Seitenecken der Pyramiden erster Ordnung, liegen, und 4 Seitenecken C, welche, wie die Seitenecken der Pyramiden der zweiten Ordnung, zwischen den Nebenaxen liegen. Sie haben 8 Seitenkanten, die ein symmetrisches Achteck bilden (vergl. Fig. 35), d. h. ein solches, welches gleiche Seiten hat und dessen abwechselnde Winkel unter sich gleich sind. Sie haben 8 Endkanten AB, welche die in den Nebenaxen gelegenen Seitenecken

*) Modell 26 zeigt die symmetrisch-achtseitige Pyramide $P^3/_2$, bezogen auf die durch Modell 20 dargestellte Pyramide als P.

mit den Endecken verbinden, und 8 Endkanten AC, welche die zwischen den Nebenaxen gelegenen Seitenecken mit den Endecken verbinden. Bald sind die ersteren Endkanten (wie in Fig. 366, vergl. Fig. 35) die schärferen, bald die letzteren, je nach der Grösse von n in der Formel $a:na:mc$ oder mPn; die Endkanten, welche zu den Nebenaxen führen, sind schärfer als die anderen, so lange n kleiner als 2,4142 ist, stumpfer bei einem grösseren Werthe von n. Die Flächen wären in beiderlei Endkanten unter demselben Winkel zu einander geneigt, und die Seitenkanten bildeten ein reguläres, acht gleiche Winkel einschliessendes, Achteck, wenn die Flächen von einem bestimmten Abstand auf der einen Nebenaxe nach dem 2,4142fachen Abstand auf der anderen Nebenaxe hingingen; da aber diese Zahl nicht in einem einfachen und rationalen Verhältniss zu 1 steht, so kommen solche achtseitige Pyramiden nie vor.

Je näher in der Formel mPn n gleich 1 ist, um so näher ist der Flächenwinkel an den Endkanten $AC = 180°$, d. h. um so mehr fallen je zwei an einer solchen Endkante liegende Flächen in Eine Ebene zusammen und geht die symmetrisch-achtseitige Pyramide in eine quadratische erster Ordnung über. — Um je grösser n ist, um so näher ist der Flächenwinkel an den Endkanten $AB = 180°$, d. h. um so mehr geht die symmetrisch-achtseitige Pyramide in eine Pyramide zweiter Ordnung über.

§. 145. Von einer Grundgestalt P aus lassen sich verschiedene symmetrisch-achtseitige Pyramiden mPn entwickeln; je nach dem Werth, den man m oder n beilegt. Die Grenze für das Vergrössern von n ist, dass man es unendlich gross setzt; dann bilden sich Pyramiden zweiter Ordnung aus. Die Grenzen für das Vergrössern von m ist gleichfalls, dass man es unendlich gross setzt, dann geht die symmetrisch-achtseitige Pyramide über in ein symmetrisch-achtseitiges Prisma, $a:na:\infty c$ oder ∞Pn (Fig. 368); die Kanten desselben sind zweierlei Art: 4 liegen wie die Kanten des ersten Prisma's (∞P), 4 wie die des zweiten ($\infty P\infty$). Ein Durchschnitt rechtwinklig auf die Hauptaxe giebt ein symmetrisches Achteck; aus den eben angeführten Gründen kann kein achtseitiges Prisma als einfache Form vorkommen, dessen Durchschnitt ein regel-

mässiges Achteck wäre, oder welches nur gleiche Kanten hätte. In der Natur finden sich zwar Gestalten, die den Winkeln nach als regulär-achtseitige Prismen sich betrachten liessen, aber es sind nicht einfache Formen, sondern Combinationen (vergl. §. 153).

Wird in der Formel mPn $m = 0$ gesetzt, so ist das Resultat wiederum identisch mit der Endfläche.

Tafel XVIII. (Fig. 359—373) enthält ein Schema aller holo- §. 146
edrischen Formen, welche in dem quadratischen System vorkommen können; das Schema ist vollständig in Beziehung auf die allgemeinen Zeichen, aber es ist zu beachten, dass mP ($m > 1$, d. h. wo m grösser als 1) nicht bloss die eine in dem Schema gezeichnete Form (eine Pyramide erster Ordnung, worin die Hauptaxe grösser, Fig. 362 beispielsweise 2mal so gross, als in der Grundform ist) bedeutet, sondern eine Menge ähnlicher, wo $m = {}^3/_2$, 2, 3 u. s. w. sein kann. Der Zusammenhang der verschiedenen einfachen Formen dieses Systems, ihr Uebergang in einander, wird durch dieses Schema klar; man kann die Formel mPn als den allgemeinen Ausdruck für alle Formen dieses Systems betrachten; für den Fall $m = 0$ repräsentirt sie die Endfläche, für den Fall $m = \infty$ die Prismen, für $n = 1$ die Formen erster, für $n = \infty$ die Formen zweiter Ordnung, u. s. f.

Combinationen der holoëdrischen Formen.

Die verschiedenen, in dem Vorhergehenden besprochenen, einfachen holoëdrischen Formen vereinigen sich nun zu mannichfaltigen Combinationen, von welchen hier nur die wichtigsten besprochen werden mögen.

Quadratische Pyramiden derselben Ordnung combi- §. 147
niren sich in der Art unter einander, dass die spitzere an der vorherrschenderen stumpferen Zuschärfungen der Seitenkanten, die stumpfere an der vorherrschenderen spitzeren Zuspitzungen der Endecken hervorbringt. Es ist dies aus Fig. 32 ersichtlich, wo zwei Pyramiden gleicher Ordnung ungefähr im Gleichgewicht combinirt dargestellt sind.

Unter den Combinationen von quadratischen Pyramiden verschiedener Ordnung kommen vorzugsweise häufig die der Grundform mit der ersten stumpferen und der ersten spitzeren Pyramide (§. 143) vor. Die Endkanten einer Grundform P werden durch die Flächen der ersten stumpferen Pyramide $P\infty$ gerade abgestumpft (so in Fig. 180, einer Form des Zinnsteins). Die Seitenecken der Grundform P werden durch die Flächen der ersten spitzeren Pyramide $2P\infty$ so zugeschärft, dass die Zuschärfungsflächen auf den Endkanten der Grundform gerade aufgesetzt sind und dass je zwei benachbarte Zuschärfungsflächen parallele Combinationskanten bilden (so in Fig. 179, einer Form des Anatases); die Flächen der Grundform treten als sehr breite Abstumpfungsflächen der Endkanten von $2P\infty$ auf (die Grundform ist in Fig. 179 an den Endecken ausserdem durch Flächen von $^1/_3P$ zugespitzt*).

§. 148. Aus der Combination der quadratischen Pyramiden und der Endfläche resultirt eine Pyramide mit abgestumpften Endecken; die Abstumpfungsflächen sind Quadrate. Fig. 186 zeigt eine solche Form $P.0P$, in den Dimensionen, wie sie bei dem schwefelsauren Nickeloxydul statt finden; Kaliumeisencyanür (gelbes Blutlaugensalz), zeigt diese Form gleichfalls. Herrschen die Endflächen sehr vor, so nimmt der Krystall die Form einer quadratischen Tafel an, welche an den Seiten zugeschärft ist.

Wenn zu der Combination der Grundform P mit der ersten stumpferen Pyramide $P\infty$ (Fig. 180) noch die gerade Endfläche $0P$ tritt, so erscheinen die Flächen von $P\infty$ als Rechtecke.

§. 149. Die quadratischen Pyramiden und Prismen bilden sehr verschiedene Combinationen, je nachdem sie einerlei oder verschiedener Ordnung sind.

Die Grundform P bildet mit dem ersten quadratischen Prisma ∞P (und allgemein irgend eine Pyramide mit einem

*) Betrachtet man an Modell 22 die dreieckigen Flächen als der Grundform P angehörig, so sind die anderen Flächen die der ersten stumpferen Pyramide $P\infty$. — Nimmt man die vorherrschenden fünfeckigen Flächen als die der Grundform P, so gehören die dreieckigen der ersten spitzeren Pyramide, $2P\infty$, an.

Prisma gleicher Ordnung) eine Pyramide mit abgestumpften Seitenkanten, wenn erstere vorherrscht; herrscht das Prisma vor, so bildet die Pyramide Zuspitzungen, wobei die Zuspitzungsflächen gerade aufgesetzt sind auf die Flächen des Prisma's (Modell 23). Fig. 175 zeigt eine solche Combination $\infty P . P$, wie sie an dem essigsauren Uranoxyd-Kali vorkommt; ähnliche Formen zeigen sich an dem Zirkon, dem Zinnstein (doch ist hier die Pyramide eine stumpfe) u. a.; an dem letzteren auch oft $P . \infty P$, eine vorherrschende Pyramide, deren Seitenkanten durch die Flächen von ∞P abgestumpft sind. (Hinsichtlich Verwechslungen vergl. §. 259.)

§. 150. An der vorherrschenden Grundform P bildet das zweite quadratische Prisma $\infty P\infty$ (und allgemein jedes Prisma an einer vorherrschenden Pyramide verschiedener Ordnung) Abstumpfungen der Seitenecken, wie Fig. 176, eine Form des Honigsteins, dies zeigt. Die Abstumpfungsflächen sind Rhomben, welche bei Combination von $\infty P\infty$ mit einer spitzen Pyramide die spitzeren, bei Combination mit einer stumpfen Pyramide die stumpferen Winkel nach den Endecken zuwenden; die Combinationskanten gehen den Endkanten der Pyramide parallel.

Sind die Flächen von $\infty P\infty$ so gross, dass sie sich in Punkten berühren, so entsteht eine Form, wie sie sich am Kupferchlorid-Chlorkalium und Kupferchlorid-Chlorammonium gewöhnlich zeigt und Fig. 177 dargestellt ist.

Diese Form hat dann häufig, namentlich wenn die Hauptaxe der Pyramide nicht viel von 0,7071 (der Hauptaxe einer Pyramide mit Endkantenwinkeln von 120° und Seitenkantenwinkeln von 90°) verschieden ist, grosse Aehnlichkeit mit dem Rhombendodekaëder des regulären Systems (Fig. 80, Modell 6); sie unterscheidet sich von diesem dadurch, dass bei $P . \infty P\infty$ die Neigungen der Flächen in den 8 Endkanten (P zu P) anders sind, als die in den 16 Combinationskanten (P zu $\infty P\infty$), während bei ∞O die Flächen in allen Kanten unter demselben Winkel geneigt sind; dass die 12 Rhomben, welche $P . \infty P\infty$ begrenzen, zweierlei Art sind, indem die Reste von P Rhomben mit anderen Winkeln bilden, als die Flächen $\infty P\infty$, und die ersteren sich auch in Beziehung auf Spaltbarkeit, Glanz, Streifung anders verhalten können, als die letzteren, während bei ∞O

die zwölf rhombischen Flächen ganz gleichartig sind; dass bei $P.\infty P\infty$ zwei gegenüberliegende Ecken (die Endecken) abgeändert sein oder (durch Spaltung parallel $0P$ z. B.) abgeändert werden können, ohne dass die 4 anderen vierflächigen (Combinations-) Ecken gleiche Veränderung zeigen, während an ∞O alle vierflächigen Ecken gleichartig sind, u. s. w.

Die Grundform P bringt an dem vorherrschenden zweiten Prisma $\infty P\infty$ vierflächige Zuspitzungen hervor, wo die Flächen auf den Kanten des Prisma's gerade aufgesetzt sind (Modell 24); Fig. 192 zeigt eine solche Combination $\infty P\infty . P$ des Apophyllits. (Ueber Verwechslungen solcher Combinationen vergl. §. 257, 269, 329.)

§. 151. Jedes der beiden Prismen kommt auch in Combination vor mit der Endfläche (Fig. 363 und 373, wenn man sich diese Formen oben und unten durch Flächen geschlossen denkt, welche rechtwinklig zu den Prismenflächen sind). Herrschen hier die Prismaflächen vor, so bezeichnet man die Combination auch wohl als quadratisches Prisma oder Säule schlechthin; herrschen die Endflächen vor, als quadratische Tafel*). So zeigt das rothe Quecksilberjodid manchmal die Form $\infty P\infty . 0P$, ebenso der Rutil u. a. Eine solche Form ist nach ihren Dimensionen nicht von einem verzerrten Würfel zu unterscheiden, hat aber doch ganz andere Eigenschaften. Chlorkalium und Quecksilberjodid bilden Krystalle von denselben Dimensionen, begrenzt durch 6 zu einander rechtwinklige Flächen. An dem Chlorkalium kann man leicht parallel jeder der 6 Flächen spalten, es verhalten sich diese sämmtlich gleich-

*) Die Endflächen des quadratischen Systems begrenzen vorherrschend, was eigentlich als quadratische Tafel zu bezeichnen ist, welche dann an den Seiten durch Prismenflächen begrenzt, oder durch Pyramidenflächen zugeschärft u. s. w. sein kann. Als quadratische Tafeln werden aber noch viele andere Formen bezeichnet, an welchen zwei parallele quadratische oder rectanguläre Flächen vorherrschend sind; z. B. wie oben bemerkt, ein verkürzter Würfel. Ueberhaupt können Krystalle des regulären Systems solche Tafeln bilden, wenn zwei sich parallele Würfelflächen vorherrschend an ihnen und die Krystalle selbst zwischen diesen verkürzt sind. Hinsichtlich anderer ähnlicher Formen vergl. §. 258 und 333.

artig: die Form ist ein Würfel. An dem Quecksilberjodid kann man mit Leichtigkeit parallel zwei, sich gegenüberliegenden, der 6 Flächen spalten, aber nicht parallel mit den anderen vier, von denen sich eine verhält wie die andere: die Form ist ein quadratisches Prisma mit Endflächen; dass es das zweite quadratische Prisma, $\infty P \infty$, ist, erhellt daraus, dass manchmal die Flächen der Grundform P in der sogleich zu besprechenden Weise an den Combinationsecken von $\infty P \infty$ und $0P$ auftreten. (Ueber eine andere ähnliche Form vergl. §. 258.)

Sind an einem solchen zweifelhaften Krystall die Ecken §. 152. abgestumpft, oder lassen sie sich abspalten, so giebt auch dieses einen Anhaltspunkt für die Unterscheidung ab. An einem Würfel sind diese Abstumpfungsflächen Oktaëderflächen und gleichseitige Dreiecke (Fig. 76, Modell 3); an einem Prisma mit Endfläche sind sie Flächen einer Pyramide von anderer Ordnung als das Prisma, und gleichschenklige Dreiecke, die mit der Spitze auf den Prismaseitenkanten gerade aufgesetzt sind. Eine solche Combination findet sich an dem Apophyllit, und ist Fig. 193 dargestellt; dieselbe an dem rothen Quecksilberjodid. Ist die hier auftretende Pyramide eine spitze, so ist auch die durch sie hervorgebrachte Abstumpfungsfläche ein spitzes gleichschenkliges Dreieck, und umgekehrt*). — Ein gleichschenkliges Dreieck kann man mit einem gleichseitigen bei der Betrachtung eines Krystalls verwechseln, wenn man ersteres so hält, dass die Grundlinie vorn liegt, aber man unterscheidet es leicht, indem man es von verschiedenen Seiten betrachtet, denn wenn einer der gleichen Schenkel vorn vor dem Beobachter liegt, so fällt die ungleich schiefe Stellung der beiden anderen Seiten sogleich auf.

An der Combination eines Prisma's mit der Endfläche stumpft also eine untergeordnet auftretende Pyramide von entgegengesetzter Ordnung die Combinationsecken ab; eine Pyra-

*) Modell 25 zeigt an der Combination eines Prisma's und der Endfläche an dem einen Ende Flächen einer stumpfen, an dem anderen Ende einer spitzen Pyramide entgegengesetzter Ordnung, wie das Prisma; in der Natur kommen indess an dem einen Ende Flächen derselben Pyramide wie an dem anderen vor.

mide von gleicher Ordnung bringt hingegen eine Abstumpfung der Combinationskanten hervor, wie man leicht sieht, wenn man sich an der Combination $\infty P . P$, Fig. 175, die Endecken durch $0P$ stark abgestumpft denkt. Auch hierin verhält sich die Combination $\infty P . 0P$ anders, als es ein Würfel thun würde; an ersterer sind zweierlei Kanten, an letzterem einerlei. Der Anfänger wird leicht selbst unterscheiden, wie $\infty P . 0P$ durch P, und wie $\infty O \infty$ durch ∞O oder $\frac{mO\infty}{2}$ verändert wird.

§. 153. Die zwei Prismen ∞P und $\infty P\infty$ kommen auch unter sich combinirt vor; die Flächen des einen stumpfen die Kanten des anderen ab. Fig. 174 zeigt $\infty P . \infty P\infty . 0P$, wo das erstere Prisma etwas vorherrscht, wie dies meist an den Krystallen des essigsauren Kupferoxyd-Kalks der Fall ist. Sind beide Prismen im Gleichgewicht combinirt, so entsteht die Form eines regulär-achtseitigen Prisma's, aber die 8 Seitenflächen dieser Gestalt sind zweierlei Art, wie sich auch wieder durch Spaltbarkeit, Glanz u. s. w. zeigen kann, und wie dies namentlich bei der Bildung von Combinationen deutlich wird. So stumpfen, wenn zu $\infty P . \infty P\infty . 0P$ die Flächen von P treten, diese nur die Combinationskanten zwischen ∞P und $0P$ ab, wie dies in Fig. 197 für einige dargestellt ist, wo diese Flächen mit $\frac{P}{2}$ bezeichnet sind; so erscheinen in der Combination $P . \infty P . \infty P\infty$, wie sie Fig. 194 für den Zirkon darstellt, die Flächen von ∞P als Rectangel, die Flächen von $\infty P\infty$ als Sechsecke.

§. 154. Seltener, und dann nicht selbstständig, zeigen sich symmetrisch-achtseitige Pyramiden und Prismen. Die Flächen der ersteren erscheinen als achtflächige Zuspitzungen der Endecken der Grundform (am Anatas z. B., wenn man sich an der Stelle je einer der kleinen Zuspitzungsflächen, Fig. 179, zwei denkt); oder zu je zweien an der Stelle Einer Combinationskante zwischen einer quadratischen Pyramide und einem quadratischen Prisma gleicher Ordnung (wie $3P^3/_2$ zwischen P und ∞P, Fig. 185, welche eine Form des Zinnsteins vorstellt); oder als Abstumpfungen der Combinationskanten zwischen einer quadra-

tischen Pyramide und einem quadratischen Prisma von entgegengesetzter Ordnung (wie $3P3$ zwischen P und $\infty P\infty$ an der Fig. 195 gezeichneten Combination des Zirkons; ganz ähnlich zeigt sich manchmal $3P3$ an den Krystallen des chlorsauren Silberoxyds); oder in anderer Art, stets kenntlich durch eine solche Abänderung einer einfacheren Combination, dass bei vollkommener Symmetrie 16 solcher Abänderungsflächen vorhanden sein müssten.

§. 155. Die symmetrisch-achtseitigen Prismen zeigen sich hauptsächlich als Abstumpfungen der Combinationskanten zwischen ∞P und $\infty P\infty$ ($\infty P2$ und $\infty P^3/_2$ an dem Zinnstein, wenn man sich in Fig. 181 die genannten Combinationskanten durch eins dieser achtseitigen Prismen schwach abgestumpft denkt), oder als Zuschärfungen eines quadratischen Prisma's (wie z. B. $\infty P^3/_2$ am Zinnstein, Fig. 184, die Kanten von ∞P zuschärfend). In ersterer Art kommen auch die Prismen $\infty P2$ und $\infty P3$ am Vesuvian vor; $\infty P2$ erscheint auch an der Combination $\infty P\infty . P$ (Fig. 192) des Apophyllits, Zuschärfungen der Kanten von $\infty P\infty$ bildend.

Von den zwei Flächen eines symmetrisch-achtseitigen Prisma's, welche Eine Kante eines quadratischen Prisma's zuschärfen, erscheint manchmal nur eine sehr deutlich, die andere sehr untergeordnet oder kaum bemerkbar, z. B. in Fig. 184 von beiden Flächen $\infty P^3/_2$ vorn die nach rechts deutlich, die nach links sehr schwach. Bemerkt man bloss die erstere, so könnte man versucht sein, sie für eine Fläche von $\infty P\infty$ zu halten, da dieses eine Abstumpfungsfläche zwischen zwei Flächen ∞P bilden würde; man sieht indess leicht, dass die Fläche einer Form ∞Pn angehört, daran, dass sie verschiedene Winkel zu den zwei Flächen von ∞P macht, und dass ihre Combinationskante mit P nicht parallel einer Endkante von P geht, wie es der Fall sein müsste, wenn die fragliche Fläche $\infty P\infty$ wäre.

§. 156. Für die Beurtheilung zusammengesetzter Combinationen ist die Beachtung des Umstandes wichtig, dass alle Formen, für welche das Verhältniss der Nebenaxen dasselbe ist, sich in horizontalen Combinationskanten schneiden, also auch oben und unten in parallelen; Formen, bei welchen dieses Verhältniss

nicht dasselbe ist, schneiden sich in geneigten Combinationskanten, von welchen eine obere mit einer unteren nicht parallel ist. P und ∞P bilden (Fig. 181) horizontale Combinationskanten, und diejenigen, welche Eine Fläche ∞P nach oben und nach unten begrenzen, sind parallel; dasselbe gilt auch für die Kanten zwischen $P\infty$ und $\infty P\infty$. Aber P und $\infty P\infty$ (Fig. 192), P und $\infty P^3/_2$ (Fig. 184) zeigen das Entgegengesetzte.

Unter den künstlichen Krystallen eignet sich namentlich das aus saurer Lösung krystallisirte schwefelsaure Nickeloxydul zu Uebungen, wegen der Reichhaltigkeit der einzelnen Formen und der Verschiedenheit in dem Vorherrschen derselben. Fig. 186 zeigt die einfachste Form, in welcher es beobachtet wird: eine Pyramide, deren Flächen in den Seitenkanten unter 138°56′ zusammenstossen, und deren Endecken durch $0P$ abgestumpft sind. Diese Pyramide nehmen wir als Grundform, und bezeichnen sie mit P. Häufiger kommt noch eine stumpfere Pyramide mP $(m<1)$ daran vor, welche die Combinationskanten zwischen P und $0P$ schief abstumpft. Ist sie nur in der Combination Fig. 187 zu sehen, so kann man sie ohne Winkelmessung nicht genauer bestimmen; kommt aber, wie in Fig. 188, zugleich $P\infty$, die erste stumpfere Pyramide der Grundform vor (sie ist kenntlich daran, dass sie die Endkanten der Grundform gerade abstumpft), so ist jene Pyramide mP $(m<1)$ leicht genauer als $^1/_2P$ zu bestimmen. Die Flächen dieser Pyramide mP erscheinen nämlich gegen die Flächen von $P\infty$ durch parallele Combinationskanten begrenzt, sie bilden Abstumpfungen der Endkanten von $P\infty$ und sind also Flächen der ersten stumpferen Pyramide für $P\infty$, d. h. (nach §. 143) Flächen von $^1/_2P$.

Häufig zeigt das schwefelsaure Nickeloxydul auch die Form Fig. 189; sie ist die vorhergehende Combination $P.\,^1/_2P.P\infty.0P$, wo aber noch die Kanten zwischen $^1/_2P$ und $0P$ durch Flächen einer stumpferen Pyramide erster Ordnung abgestumpft sind. Man hat diese im Allgemeinen durch mP $(m<^1/_2)$ zu bezeichnen; nur durch Winkelmessung und Axenberechnung lässt sich hier der Werth von m genauer zu $^1/_3$ bestimmen. — Fig. 190 zeigt die zuletzt besprochene Combination, wo noch die Seitenkanten von $P\infty$ gerade abgestumpft sind; die Abstumpfungsflächen müssen dem zweiten quadratischen Prisma

$\infty P\infty$ angehören. — Fig. 191 zeigt dieselbe Combination, mit Ausschluss von $^1/_2 P$, aber in der letzteren Figur herrscht $\infty P\infty$ vor, während es in Fig. 190 untergeordnet erschien; in Fig. 191 begrenzen überhaupt vorzugsweise Formen zweiter Ordnung den Krystall und die Formen erster Ordnung, P und $^1/_2 P$, welche in den anderen und häufiger vorkommenden Combinationen sich vorwaltend zeigen, sind hier ganz zurückgedrängt.

Man sieht hier leicht ein, was dazu bewog, die mit P bezeichneten Flächen als Grundform zu nehmen; dass diese Flächen (wie in Fig. 186) ohne eine andere Pyramide vorkommen, dass sie in den meisten Fällen die vorherrschenden sind, dass sich alle anderen vorkommenden Flächen durch sehr einfache Ausdrücke auf sie beziehen lassen, rechtfertigt diese Wahl genügend.

Verzerrungen der quadratischen Formen.

§. 157. Verzerrungen können auch den Krystallformen des quadratischen Systems ein ganz anderes Aussehen mittheilen, als sie bei ganz symmetrischer Ausbildung haben sollten. So kommt die quadratische Pyramide in ähnlicher Weise verzerrt vor, wie dies für das Regulär-oktaëder (§. 86) besprochen wurde: es zeigt sich Verkürzung in der Richtung einer Linie, welche die Mittelpunkte zweier gegenüberliegender Flächen verbindet, oder der Krystall erscheint so verändert, als ob von einem ideal regelmässigen Krystall parallel zwei sich gegenüberliegenden Flächen Stücke abgeschnitten wären. Eine so verzerrte quadratische Pyramide sieht ganz ähnlich aus, wie ein verzerrtes Regulär-oktaëder, Fig. 104 o. 105, und ist manchmal auf den ersten Anblick von diesem kaum zu unterscheiden; genauere Betrachtung zeigt aber, dass an der Pyramide die Flächen in den zu Kanten verzerrten Endecken unter einem anderen Winkel zusammenstossen, als in den zu Kanten verzerrten Seitenecken; während bei dem verzerrten Regulär-oktaeder alle zu Kanten verzerrten Ecken (vergl. §. 87) gleichartig sind, sind bei der verzerrten Pyramide, wenn wir uns Fig. 104 als eine solche denken, die verzerrten Endecken, ab z. B., ganz

verschieden von den verzerrten Seitenecken, *fe* und *cd* z. B. Letztere können abgestumpft sein (durch Flächen von $\infty P\infty$), während erstere ganz scharf sind. Sobald sich eine solche Abstumpfung an den zu Kanten verzerrten Seitenecken einer quadratischen Pyramide zeigt, welche man mit dem Regulär-oktaëder verwechseln könnte, ist die Unterscheidung leicht. An den verzerrten Oktaëderecken wird die Abstumpfung durch Würfelflächen hervorgebracht, und diese werden als rechtwinklige Flächen auftreten (vergl. §. 87); an der Pyramide aber wird die Abstumpfung durch Flächen von $\infty P\infty$ bewirkt, und diese erscheinen dann als Rhomboide. Kupferchlorid-Chlorkalium und Kupferchlorid-Chlorammonium liefern leicht und oft schöne Beispiele für diese Unterscheidung.

§. 158. Dieselben Salze geben gute Beispiele ab für andere häufig vorkommende Verzerrungen. Ist z. B. ein Krystall von der Combination $P.\infty P\infty$ im Gleichgewicht (Fig. 177) parallel einer Fläche P aufgewachsen, so dass nur die in dieser Figur mit P bezeichnete Fläche vollständig, von den anderen anliegenden aber nur schmale Streifen vorhanden sind, so erscheint der Krystall wie eine rhombische Tafel. Ein ähnlicher Habitus kann entstehen, indem nur Eine Fläche $\infty P\infty$ vollständig ausgebildet, und der Krystall ihr parallel aufgewachsen ist. — Dieselbe Combination, $P.\infty P\infty$ im Gleichgewicht, erscheint manchmal verzerrt durch Vergrösserung in der Richtung zweier paralleler Endkanten. Fig. 177 zeigt die ideale, Fig. 178 diese verzerrte Form. Letztere hat dann das Ansehen einer sechsseitigen Säule (gebildet durch vier Flächen P und zwei Flächen $\infty P\infty$), die oben und unten durch drei Flächen begrenzt ist, wovon zwei (P) eine gegen die Axe der Säule schiefe Zuschärfung und die dritte ($\infty P\infty$) eine schiefe Abstumpfung hervorbringen; sie hat das Ansehen einer Form des rhomboëdrischen oder einer des monoklinometrischen Systems. Bei der Betrachtung des letzteren (§. 328) werden wir auf diese möglichen Verwechslungen zurückkommen.

Mit einer anderen monoklinometrischen Form gewinnt die quadratische Combination $\infty P\infty . P$ (Fig. 192) Aehnlichkeit, wenn zwei an einem Ende des Krystalls neben einander liegende P flächen und die beiden parallelen an dem anderen Ende (in Fig. 192 z. B. die beiden P flächen oben rechts und

die beiden unten links) vor den anderen vorherrschen, wie dies an dem Hämatoxylin gewöhnlich ist (vergl. hierüber §. 329).

§. 159. Wir sahen eben Verzerrung, die zu Täuschung Anlass geben kann, durch Verlängerung eines Krystalls in der Richtung einer Endkante einer Pyramide eintreten; auch in der Richtung einer Seitenkante findet manchmal solche statt. Wenn die Combination $P \cdot 0P$ (Fig. 186) in der Richtung einer Seitenkante in die Länge gezogen ist, so hat der Krystall das Aussehen eines rhombischen Prisma's (durch 4 Pyramidenflächen gebildet), an welchem zwei sich gegenüberliegende Kanten (durch $0P$) abgestumpft sind, und welches an den Enden (durch je zwei der nicht vergrösserten Pyramidenflächen) zugeschärft ist. Eine solche Form erscheint auf den ersten Blick wie in das rhombische System gehörig (vergl. §. 268), und ähnlich wie Fig. 272 (ohne die Flächen $\breve{P}\infty$), an welcher dann die Flächen $\infty\breve{P}2$ und $\breve{P}\infty$ die Pyramidenflächen, $\infty\breve{P}\infty$ die Endflächen vorstellten. Als die richtige quadratische Combination erkennt man diese Verzerrung daran, dass die vier an eine Abstumpfungs- (End-) fläche anstossenden Flächen gegen diese unter demselben Winkel geneigt sind; dass je zwei vermeintliche Prismenflächen unter demselben Winkel zusammenstossen, wie zwei Zuschärfungsflächen, u. s. w.

Hemiëdrische Formen und Combinationen derselben.

§. 160. Es ist nicht thunlich, alle Verzerrungen, welche vorkommen können, hier genauer zu beschreiben; wen den wir uns jetzt zu den Veränderungen, welche die bisher betrachteten holoëdrischen Formen des quadratischen Systems durch das Wachsen und Verschwinden regelmässig abwechselnder Flächen erleiden: zu den hemiëdrischen Formen des quadratischen System Unter diesen hemiëdrischen Formen, welche möglicherweise vorkommen können, sind einige gar nicht oder höchst selten mit Bestimmtheit nachgewiesen; wir wollen uns hier auf die Betrachtung der wichtigsten beschränken.

Von der Grundform aus entsteht eine hemiëdrische Gestalt, welche sich zu dieser Pyramide verhält, wie das Tetraeder zu dem Regulär-oktaëder. Denken wir uns unter der

Fig. 24 durch schattirte Flächen dargestellten Form eine quadratische Pyramide, und an dieser die abwechselnden Flächen vorn oben rechts, vorn unten links u. s. w. wachsend, und die anderen verschwindend, so entsteht die dort in stärkeren Linien ausgezogene tetraëderähnliche Figur, welche zur Unterscheidung vom Tetraëder und wegen ihrer keilförmigen Gestalt quadratisches Sphenoid (Keilflächner) oder auch zwei- und einaxiges Tetraëder genannt wird. Fig. 24 lässt sich als ein solches Sphenoid betrachten, in dessen Grundform die Länge der Hauptaxe von der einer Nebenaxe nicht merklich verschieden ist (ein solches kommt an dem Kupferkies vor, wo die Länge der Hauptaxe, stets bezogen auf die Länge einer Nebenaxe als Einheit, = 0,985 ist); Fig. 36 zeigt ein Sphenoid, dessen Grundform eine stumpfe Pyramide (von 0,46 Hauptaxenlänge) ist, wie es an dem Cyanquecksilber vorkommt.

§. 161. Die Sphenoide sind begrenzt durch 4 gleichschenklige Dreiecke. Die sechs Kanten an ihnen sind zweierlei Art: zwei Kanten gehen durch die Endecken der Pyramide, aus welcher man sich das Sphenoid entstanden denken kann, und lassen sich als Verzerrungen derselben betrachten; vier andere gehen durch die Seitenecken und lassen sich als Verzerrungen dieser ansehen. Die Mittelpunkte der beiden ersteren Kanten werden durch die Hauptaxe, die Mittelpunkte je zweier gegenüberstehender der letzteren durch eine Nebenaxe verbunden; erstere lassen sich als Endkanten, letztere als Seitenkanten unterscheiden. — Die vier Ecken werden gebildet durch Zusammenstossen von je zwei Seitenkanten mit einer der Endkanten. (Hinsichtlich ähnlicher Formen vgl. §. 102 und 279).

Um je näher die Grösse der Hauptaxe in der Grundform der einer Nebenaxe gleich ist, um so mehr haben die Sphenoide das Ansehen von Regulärtetraëdern, d. h. um so mehr nähern sich die Flächen der Form gleichseitiger Dreiecke, und um so weniger abweichend sind die Winkel, unter welchen die Flächen in den zweierlei Kanten zusammenstossen. Sehr nahe trifft dies ein bei dem Kupferkies, wo der Winkel an den Endkanten 71°20′, der an den Seitenkanten 70°7′ ist (an dem Regulärtetraëder sind die Flächen in jeder Kante unter 70°32′ gegen einander geneigt).

Das Zeichen eines Sphenoids, welches sich als eine He-

miëdrie irgend einer Pyramide mP betrachten lässt, ist $\frac{mP}{2}$, und zwar können aus jeder solchen Pyramide zwei ihrer Stellung nach verschiedene Sphenoide entstehen, welche als $+\frac{mP}{2}$ und $-\frac{mP}{2}$ unterschieden werden. Dieselben Betrachtungen, die bezüglich der zwei entgegengesetzten Tetraëder angestellt wurden (§. 102), gelten auch hier. Die zwei Sphenoide, welche sich von derselben Pyramide ableiten, sind congruente hemiëdrische Formen (vgl. §. 120b).

§. 162.

Während bei dem Tetraëder alle Kanten gleichartig waren und sämmtlich durch Würfelflächen abgestumpft wurden, sind bei den Sphenoiden die Endkanten und die Seitenkanten verschieden, und bezüglich der Abänderung ganz unabhängig von einander; die Endkanten werden durch $0P$ abgestumpft, die Seitenkanten durch Flächen von $\infty P\infty$. Die Ecken von $\frac{P}{2}$ werden durch ein Sphenoid von entgegengesetzter Stellung abgestumpft, und beide sind dann als $+\frac{P}{2}$ und $-\frac{P}{2}$ zu unterscheiden. Die Combinationskanten verhalten sich wie Kanten von P; eine Combination von $+\frac{P}{2}$ und $-\frac{P}{2}$ im Gleichgewicht hat die Form einer quadratischen Pyramide.

Auch bei Krystallen des quadratischen Systems ist oft nur schwierig zu unterscheiden, ob Hemiëdrie wirklich stattfindet, oder ob eine zufällige Mangelhaftigkeit der Ausbildung nur den Anschein derselben hervorbringt.

Die hauptsächlichsten Combinationen der Sphenoide ergeben sich aus folgenden Beispielen.

An dem Kupferkies zeigt sich ein Sphenoid, welches nach dem eben (§. 161) angeführten für sich in den Dimensionen nur wenig von einem Regulärtetraëder verschieden ist; aber in den Combinationen tritt der Charakter des quadratischen Systems deutlich hervor. Fig. 196 zeigt eine solche, wo das Sphenoid $+\frac{P}{2}$ als Grundform vorherrscht. Die Endkanten desselben sind abgestumpft durch $0P$, die Ecken durch Flächen von $-\frac{P}{2}$;

diejenigen Combinationskanten zwischen beiden, welche wie Endkanten von P liegen, sind gerade abgestumpft durch Flächen, die also einer Pyramide $P\infty$ angehören. Ausser dieser zeigt sich noch eine andere Pyramide zweiter Ordnung, welche sich als $2P\infty$ (als die erste spitzere Pyramide für die hier hemiëdrisch auftretende Grundform P) dadurch zu erkennen giebt, dass die Endkanten, welche sie bilden würde, durch die Flächen von $+\frac{P}{2}$ und von $-\frac{P}{2}$ gerade abgestumpft werden, oder, was dasselbe ist, dass je zwei Flächen von $2P\infty$ sich parallele Combinationskanten zuwenden.

§. 163. An der Combination $\infty P \cdot 0P$ stumpft eine Pyramide P alle Combinationskanten zwischen $0P$ und ∞P ab; die Hemiedrie der Pyramide P, das Sphenoid $\frac{P}{2}$ würde nur die halbe Zahl dieser Combinationskanten, und zwar abwechselnd nach oben und nach unten, abstumpfen. Fig. 197 zeigt eine an dem essigsauren Kupferoxyd-Kalk manchmal vorkommende Form, welche in dieser Art hemiëdrisch ausgebildet aussieht; an anderen Krystallen desselben Salzes sind aber alle Combinationskanten zwischen $0P$ und ∞P abgestumpft, so dass es ungewiss bleibt, ob in den ersteren Fällen das nur theilweise Auftreten der Flächen P auf wesentlicher Hemiëdrie oder auf zufälligem unvollständigem Auftreten der Flächen von P beruht.

An einem vorwaltenden quadratischen Prisma bringt ein Sphenoid, welches sich von einer Pyramide gleicher Ordnung ableitet, eine dachförmige Zuschärfung hervor; die oberen und unteren Zuschärfungsflächen sind auf die Prismaflächen abwechselnd nach oben und nach unten gerade aufgesetzt, und die Zuschärfungskanten selbst gehen in sich kreuzenden Richtungen, etwa wie Fig. 255. Das phosphorsaure Ammoniak ($AmO,2HO,PO_5$) krystallisirt manchmal so, dass die Krystalle an Einem Ende dieser hemiëdrischen Ausbildung ganz entsprechen; aber dass dieses nicht regelmässige sphenoidische Hemiëdrie ist, erkennt man leicht daran, dass an dem unteren Ende nicht die entsprechende Ausbildung, wie Fig. 255, vorhanden ist, sondern dass hier Flächen, welche den oberen parallel sind, gleichfalls vergrössert auftreten; man hat also hier die Form $P \cdot \infty P$ (Fig. 175), an welcher vier in Einer Zone

liegende Pyramidenflächen, manchmal bis zum Verschwinden der anderen, vergrössert sind.

§. 164. Ueberlässt man eine Auflösung von Cyanquecksilber der freiwilligen Verdunstung, so erhält man manchmal ganz rein ausgebildete Sphenoide von der Form, wie sie Fig. 36 zeigt; manchmal sind die Seitenkanten abgestumpft durch Flächen des zweiten quadratischen Prisma's $\infty P\infty$.

Diese Flächen herrschen meist vor, wenn die Verbindung durch Abkühlen rascher krystallisirt erhalten wird. Die prismatischen Krystalle, welche dann entstehen, sind bei verschiedenen Operationen von verschiedener Art; Fig. 199 und 200 zeigen zwei häufiger sich bildende Formen. In Fig. 199 ist das Prisma $\infty P\infty$ zugeschärft durch Flächen von $\frac{P}{2}$, welche auf die Prismakanten abwechselnd nach oben und nach unten aufgesetzt sind. In Fig. 200 zeigt das Prisma eine schiefe Begrenzung; von den zwei oberen Flächen $\frac{P}{2}$ in Fig. 199 ist in Fig. 200 nur noch die eine deutlich ausgebildet, die andere sehr zurückgedrängt oder gar nicht vorhanden; dagegen zeigen sich in Fig. 200 zwei Flächen, welche auf die Prismaflächen $\infty P\infty$ gerade aufgesetzt sind, also einer Pyramide zweiter Ordnung $mP\infty$ angehören. Die Endkante, welche durch diese zwei Pyramidenflächen gebildet würde, ist durch die Fläche $\frac{P}{2}$ gerade abgestumpft; jene Pyramide $mP\infty$ ist also die erstere spitzere für P, oder $2P\infty$.

Bei langsamer Verdunstung einer Lösung von Cyanquecksilber bilden sich manchmal auch Krystalle von anderer Form als die eben besprochenen, z. B. solche, wie sie Fig. 201 darstellt. Auf die Kanten eines quadratischen Prisma's zweiter Ordnung, $\infty P\infty$, sind abwechselnd nach oben und nach unten Flächen von $\frac{P}{2}$ aufgesetzt; auf die Flächen des Prisma's Flächen von $2P\infty$, von denen aber nur vier an dem Krystall sich zeigen. Die zwei oberen (und ebenso die zwei unteren) Flächen $2P\infty$ sind von einander getrennt durch $0P$ und zwei Flächen einer stumpferen Pyramide zweiter Ordnung, welche indess stets durch starke Streifung matt und zugerundet beobachtet wurden und

deshalb nicht mit Sicherheit bestimmt, wahrscheinlich aber $P\infty$ sind. — Einen Krystall von dieser abnormen Ausbildung als in das quadratische System gehörig zu betrachten, ist man veranlasst dadurch, dass andere Krystalle derselben Substanz den Charakter dieses Systems deutlich zeigen und dass es auch einzelne Flächen an der abnormen Form selbst thun. Jede Fläche $\frac{P}{2}$ ist gegen zwei anstossende Flächen $\infty P\infty$ unter demselben Winkel geneigt, und diese unter sich unter 90°, was sie als Flächen eines quadratischen Prisma's charakterisirt.

Häufiger als die vorige Form bildet sich bei langsamer Krystallisation die Fig. 202 dargestellte aus. An ihr herrschen die Flächen $\frac{P}{2}$ vor; die Seitenkanten sind abgestumpft durch $\infty P\infty$, und jede Endkante ist ersetzt durch $0P$ und zwei Flächen der Pyramide zweiter Ordnung, welche wahrscheinlich $P\infty$ ist.

§. 165. Die vorhergehenden Beispiele zeigen, wie die quadratischen Pyramiden in verschiedener Weise hemiëdrisch werden können. Durch Wachsen der abwechselnden Flächen entsteht ein Sphenoid, eine geschlossene Form, welche keine parallele Flächen hat. Ungeschlossene parallelflächige hemiëdrische Formen können entstehen, indem an einer Pyramide die zwei Flächenpaare wachsen, welche an zwei sich gegenüberliegenden Kanten anliegen, an den Endkanten oder an den Seitenkanten. An der Combination, welche Fig. 200 ihrem oberen Ende nach dargestellt ist, sehen wir von dem oberen Theile der Pyramide $2P\infty$ nur zwei Flächen, welche Einer Endkante anliegen; in Fig. 201 erscheinen von derselben Pyramide nur die vier Flächen, welche zwei sich gegenüberliegenden Seitenkanten (wenn wir uns die Pyramide vollständig ausgebildet denken) anliegen.

Diese beiden Arten von Hemiëdrie, nach welchen aus einer Pyramide parallelflächige und ungeschlossene hemiëdrische Formen entstehen, zeigen sich auch an dem Parasulfat-Ammon ($N H_3 S O_3$). In Fig. 203 erkennt man leicht die durch einen Theil der stärker angedeuteten und durch die schwächeren Linien dargestellte Combination $P.0P$ (eine Pyramide, deren Endecken durch die Endflächen stark abgestumpft sind). Wachsen an dieser die zwei Pyramidenflächen, welche an der

von oben nach vorn gehenden Endkante liegen, die zwei, welche an der gegenüber, in der Richtung von unten nach hinten, befindlichen Endkante liegen, und die beiden Endflächen, so entsteht die mit stärkeren Linien gezeichnete Form, welche wie ein rhombisches Prisma, das oben und unten schief abgeschnitten ist, aussieht. An dieser Combination treten nun bei den Krystallen des Parasulfat-Ammons noch vier Flächen der ersten stumpferen Pyramide $P\infty$ auf, wie es Fig. 204 zeigt, und zwar vier solche, welche an zwei sich gegenüberliegenden Seitenkanten der Pyramide anliegen. Diese vier Flächen, wie sie in Fig. 204 gezeichnet sind, würden für sich und gehörig vergrössert ein rhombisches, in der Richtung von vorn nach hinten sich erstreckendes, Prisma bilden. Die Combination hat das Ansehen, als ob sie in ein später zu besprechendes System, das monoklinometrische, gehörte. Der quadratische Charakter wird verrathen durch die rechten ebenen Winkel, welche sich an den Ecken vorfinden, die an der hemiëdrischen Combination unverändert noch so sind, wie sie an der holoëdrischen wären. Solche Ecken sind die mit x und y bezeichneten; für das erstere ist dies aus Fig. 203 unmittelbar deutlich, für das andere sieht man es leicht ein, wenn man sich vorstellt, welche Abänderung an der Primitivpyramide in Fig. 203 eine Fläche $P\infty$ an der von oben nach rechts gehenden Endkante hervorbringen würde. Es würde diese Fläche als eine rectanguläre Abstumpfungsfläche an der Stelle dieser Endkante erscheinen. Die Fläche erscheint anders in der hemiëdrisch gewordenen Combination, Fig. 204, aber an dem Eck y noch mit einem rechten Winkel. Dass dieser ebene Winkel y und der ebene Winkel x auf $0P$ rechte Winkel sind, lässt die Combination Fig. 204 als eine hemiëdrisch-quadratische erkennen. — Uebrigens sind an den Krystallen des Parasulfat-Ammons die Flächen $P\infty$ meistens nur so gross vorhanden, dass sich je zwei derselben in einem Punkte (und nicht in einer Kante, wie es Fig. 204 zeigt) berühren; sie erscheinen dann als Dreiecke, welche einen rechten Winkel haben.

Diejenigen Hemiëdrien der Pyramiden, welche parallelflächig und ungeschlossen sind, kommen nur sehr selten vor, und sie sind hier nicht mit einem besonderen Zeichen unterschieden worden; bei der Beschreibung der Krystalle kann man

diese Eigenthümlichkeit ausdrücklich anführen. Unter $\frac{mP}{2}$ versteht man immer diejenige Hemiëdrie einer Pyramide mP, welche eine geschlossene Form mit nicht parallelen Flächen ist: ein Sphenoid.

§. 166. Die symmetrisch-achtseitigen Pyramiden bilden eine Hemiëdrie, welche namentlich an einigen wichtigen Mineralien auftritt. — Fig. 37 zeigt in den gestrichelten und einem Theil der ausgezogenen Linien die Basis einer solchen Pyramide: Seitenkanten, die in der Richtung $a:2a$ gehen. Die Hauptaxe hat man sich senkrecht auf die Ebene des Papiers durch den Kreuzungspunkt der (punktirten) Nebenaxen zu denken. Wenn nun diese Seitenkanten, und mit ihnen die von ihnen nach oben und unten auf der Hauptaxe gehenden Flächen, abwechselnd wachsen und verschwinden, so entsteht eine doppelte vierseitige Pyramide mit der Fig. 37 in ausgezogenen Linien dargestellten Basis. Auch diese Pyramiden sind quadratische, aber sie haben eine schiefe Stellung zu den Nebenaxen; man bezeichnet sie als quadratische Pyramiden dritter Ordnung. Aus jeder symmetrisch-achtseitigen Pyramide mPn können, je nachdem die einen oder die anderen abwechselnden Seitenkanten mit den anliegenden Flächen wachsen, zwei der Stellung nach verschiedene quadratische Pyramiden dritter Ordnung entstehen; beide erscheinem dem Beobachter rücksichtlich der Lage ihrer Flächen wie rechts und wie links gewendet, aber wenn Ein Endeck der erzeugenden Form mPn nach oben steht, so erscheint diejenige Pyramide dritter Ordnung, die daraus entsteht, rechts gewendet, welche, wenn die erzeugende Form umgedreht wird, so dass das andere Endeck oben steht, links gewendet erscheint. Man bezeichnet von den zwei in verschiedener Stellung befindlichen hemiëdrischen Formen dieser Art, welche aus mPn entstehen können, die eine mit $\frac{r}{l}\frac{mPn}{2}$, die andere mit $\frac{l}{r}\frac{mPn}{2}$.

Wachsen und verschwinden in derselben Weise abwechselnd die Flächen eines symmetrisch achtseitigen Prisma's, so entsteht ein quadratisches Prisma dritter Ordnung.

§. 167. Pyramiden dritter Ordnung sind nie selbstständig, selten in Combinationen beobachtet worden. An dem wolframsauren Kalk, dem wolframsauren Bleioxyd und wenigen anderen Mineralien zeigen sie sich untergeordnet, an dem ersteren, wie Fig. 198 darstellt. Die Seitenecken der Grundform P sind zugeschärft durch Flächen der ersten spitzeren Pyramide $2P\infty$; neben je zwei solcher Flächen treten auf Einer Seite zwei Flächen $\frac{l}{r}\frac{4P2}{2}$ auf (die vollständige Form $\frac{4P2}{2}$ würde an den Seitenecken der Grundform P vierflächige Zuspitzungen hervorbringen; von je vier solchen Flächen treten bei der hier besprochenen Hemiëdrie immer nur zwei nach Einer Seite hin liegende auf). An chemischen Präparaten finden sich Pyramiden der dritten Ordnung auch nur äusserst selten; an den Krystallen des Erythromannits ist $3P3$ in dieser Art hemiëdrisch vorkommend beobachtet worden.

Zwillingskrystalle.

§. 168. Die Zwillinge, welche in diesem Systeme vorkommen, sind wiederum theils Zwillinge mit parallelen, theils mit nicht parallelen Axensystemen (vergl. §. 121). Erstere können sich nur an hemiëdrischen Formen finden, und kommen selten vor. So zeigt der Kupferkies manchmal Durchkreuzungszwillinge, ähnlich Fig. 172, wo die beiden Individuen Sphenoide $\frac{P}{2}$, und zwar in der oben (§. 161) als $+$ und $-$ bezeichneten Stellung, sind.

Analog der in dem regulären System am häufigsten vorkommenden Zwillingsbildung, dass zwei Krystallfragmente mit einer Fläche, die einer Oktaëderfläche parallel ist, zusammengesetzt sind, das eine aber gegen das andere um 180° gedreht ist, — kommen auch in dem quadratischen Systeme Zwillinge vor, deren Zusammensetzungsfläche einer Fläche von P parallel ist. So z. B. zeigt der Kupferkies die Form einer Pyramide P, ähnlich Fig. 119, wenn $+\frac{P}{2}$ und $-\frac{P}{2}$ sich im Gleichgewicht combiniren; und er bildet hemitropische Krystalle, ähnlich wie Fig. 120 oder 115, als ob eine Pyramide P parallel einer Fläche

P in der Mitte durchschnitten und die eine Hälfte gegen die andere um 180° gedreht wäre. Auch complicirtere Combinationen zeigen solche Zwillingsbildung, wo z. B. die Endecken beider gegen einander gedrehten Krystallfragmente durch $0P$, die Endkanten durch $P\infty$ abgestumpft sind u. s. w.

§. 169. Am häufigsten findet indess in dem quadratischen System Zwillingsbildung nach dem Gesetz statt, dass die zwei Krystallindividuen eine Fläche parallel $P\infty$ gemeinsam haben, und das eine um eine auf diese Fläche rechtwinklige Linie um 180° gegen das andere gedreht erscheint. Fig. 181 zeigt eine Combination des Zinnsteins, gebildet durch die Grundform P, die erste stumpfere Pyramide $P\infty$, und das erste und das zweite quadratische Prisma, ∞P und $\infty P\infty$. Denkt man sich diesen Krystall in der Mitte parallel einer Fläche von $P\infty$ durchschnitten (der Schnitt ist in der Fig. 181 angedeutet) und die eine Hälfte gegen die andere um 180° gedreht, so entsteht der Fig. 182 dargestellte Zwilling. Häufig zeigen an den Zwillingskrystallen des Zinnsteins beide Individuen nicht allein die nach den beiden äussersten Enden hin liegenden Pyramidenflächen, sondern auch jedes noch zwei an der Zusammensetzungsfläche so gegen einander gekehrte, dass alle vier zusammen einen visirartig einspringenden Winkel bilden (in Fig. 183 ist dieser Winkel mit x bezeichnet; man sieht hier von diesen zusammenstossenden Pyramidenflächen nur eine dem oberen und eine dem unteren Individuum angehörige). Häufig herrschen diese vier zusammenstossenden Pyramidenflächen bei weitem mehr vor, und die Prismaflächen erscheinen mehr untergeordnet.

Formeln für den Zusammenhang zwischen Winkeln und Axen.

§. 170. Vorliegende Schrift hat zwar zunächst nicht zum Zweck, die Berechnung der Axen aus den Winkeln oder umgekehrt zu lehren, und die Elemente der Krystallographie sollen darin mit Ausschluss dieser Berechnung vorgetragen werden. Es mögen indess hier doch, für Diejenigen, welche der trigonometrischen Rechnungen kundig sind, einige wenige Formeln angegeben werden, welche die Abhängigkeit zwischen den Winkeln und

den Axen für die am häufigsten vorkommenden Fälle ausdrücken.

Heisst c die Länge der Hauptaxe in einer quadratischen Pyramide, bedeutet A die Neigung der Flächen in den Endkanten (den Endkantenwinkel) und B die Neigung der Flächen in den Seitenkanten (den Seitenkantenwinkel) für eine solche Pyramide erster, und $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ dasselbe für eine solche Pyramide zweiter Ordnung, so gelten die Formeln:

$$c = cot\ \xi, \text{ wenn } cos\ \xi = cot\ {}^1/_2 A;$$
$$c = tg\ {}^1/_2 B \,.\, \sqrt{{}^1/_2};$$
$$cos\ {}^1/_2 A = c \,.\, cos\ {}^1/_2 B;$$
$$c = cot\ \xi, \text{ wenn } cos\ \xi = cos\ {}^1/_2 \mathfrak{A} \,.\, \sqrt{2};$$
$$c = tg\ {}^1/_2 \mathfrak{B};$$
$$cos\ {}^1/_2 \mathfrak{A} \,.\, \sqrt{2} = c \,.\, cos\ {}^1/_2 \mathfrak{B};$$
$$cos\ A = -\frac{1}{2c^2+1};\quad cos\ \mathfrak{A} = -\frac{1}{c^2+1};$$
$$cos\ B = -\frac{2c^2-1}{2c^2+1};\quad cos\ \mathfrak{B} = -\frac{c^2-1}{c^2+1}.$$

Bei den folgenden Krystallbeschreibungen ist immer angegeben §. 171.

für die Grundform P: die Länge der Hauptaxe c, bezogen auf die Länge einer Nebenaxe als Einheit; der Endkantenwinkel A, und der Seitenkantenwinkel B.

Für andere vorkommende Pyramiden erster Ordnung mP: dieselben Winkel A und B.

Für vorkommende Pyramiden zweiter Ordnung $mP\infty$: der Endkantenwinkel $\mathfrak{A}$ und der Seitenkantenwinkel $\mathfrak{B}$.

Für die zwei letzteren Arten von Formen ist diese speciellere Angabe weggelassen, wenn sie nur untergeordnet oder selten auftreten.

Da die symmetrisch-achtseitigen Formen an künstlichen Krystallen äusserst selten, an Mineralien auch nur selten und untergeordneter vorkommen, so sind speciellere Angaben auch für diese hier nicht statthaft.

Nur kurze Krystallbeschreibungen können hier mitgetheilt, und also auch nur wenige Winkel (die der wichtigsten einfachen Formen) angegeben werden. Doch lässt sich aus diesen Angaben leicht ableiten, welche die Neigung der Flächen in vielen der wichtigeren Combinationskanten ist. Es gilt dieses für das

quadratische, wie für die folgenden Systeme, und für den Anfänger ist es eine nützliche Uebung, diese Ableitungen selbst aufzusuchen. Einige in das quadratische System gehörige Fälle mögen hier beispielsweise erläutert werden.

§. 172. In dem Folgenden bedeute mP allgemein eine Pyramide erster, $mP\infty$ allgemein eine Pyramide zweiter Ordnung, wo m auch $= 1$ sein, d. h. mP die Grundform, $mP\infty$ die erste stumpfere Pyramide bedeuten kann.

a) Der Combinationswinkel zwischen mP und $0P$ ist $= 180^0 - \frac{1}{2}B$; der zwischen $mP\infty$ und $0P$ ist $= 180^0 - \frac{1}{2}\mathfrak{B}$. — Man sieht dies leicht ein, wenn man für irgend eine Pyramide einen Durchschnitt zeichnet, welcher durch die Hauptaxe und die Mittelpunkte zweier gegenüberliegender Seitenkanten geht; er hat die Gestalt eines Rhombus. Fig. 38 zeige einen solchen, worin df die Hauptaxe bedeutet; es giebt der Winkel def die Neigung der Flächen in den Seitenkanten, deg ist der halbe Seitenkantenwinkel, hie der Winkel in der Combinationskante mit $0P$, und $= 180^0 - deg$.

b) Der Combinationswinkel zwischen mP und ∞P ist $= 90^0 + \frac{1}{2}B$, der zwischen $mP\infty$ und $\infty P\infty$ ist $= 90^0 + \frac{1}{2}\mathfrak{B}$. — Der gesuchte Winkel ist gegeben durch $dik = kih + dih = 90^0 + deg = 90^0 +$ dem halben Seitenkantenwinkel.

c) Der Combinationswinkel zwischen mP und $\infty P\infty$ ist $= \frac{1}{4}(720^0 - 2A)$, und der zwischen $mP\infty$ und ∞P ist $= \frac{1}{4}(720^0 - 2\mathfrak{A})$. — Eine Pyramide bildet mit einem Prisma entgegengesetzter Ordnung eine Combination, worin 4 Pyramidenflächen mit 2 Prismaflächen in Einer Zone liegen (vergl. Fig. 177). Ein Schnitt rechtwinklig auf die Axe dieser Zone giebt ein Sechseck (dessen Winkel zusammen 8 Rechte $= 720^0$ betragen), in welchem zwei gegenüberliegende Winkel den Endkantenwinkeln der Pyramide und die vier anderen den Combinationswinkeln der Pyramide mit dem Prisma entsprechen. Heisst einer jener Endkantenwinkel A, so ist jeder der Combinationskantenwinkel $= \frac{1}{4}(720^0 - 2A)$.

d) Combinirt sich eine spitzere Pyramide mP, deren Seitenkantenwinkel $= B$ ist, mit einer stumpferen m_1P, deren Seitenkantenwinkel $= B_1$ ist, so ist der Combinationswinkel $= 180^0 + \frac{1}{2}B_1 - \frac{1}{2}B$. — Fig. 39 zeigt den in der angegebenen Weise (a) genommenen Durchschnitt der beiden Pyramiden,

mit der Hauptaxe *df* und einer Hülfslinie *pgen*, welche eine durch die Seitenkanten beider Pyramiden gelegte Ebene vorstellt. Wir haben $dem = {}^1/_2 B$; *hni* ist $= B_1$; *nhp* also $= 180^0 - B_1$; $nhm = {}^1/_2 (180^0 - B_1) = 90^0 - {}^1/_2 B_1$. Der gesuchte Combinationswinkel ist *hke*; in dem Viereck *ekhm*, dessen Winkel zusammen 4 Rechte $= 360^0$ betragen, ist *hme* $= 90^0$, $khm = 90^0 - {}^1/_2 B_1$, $kem = {}^1/_2 B$; *hke* also $= 360^0 - (90^0 + [90^0 - {}^1/_2 B_1] + {}^1/_2 B) = 180^0 + {}^1/_2 B_1 - {}^1/_2 B$.

Ebenso ist der Combinationswinkel zwischen einer spitzeren Pyramide $mP\infty$ (Seitenkantenwinkel $= \mathfrak{B}$) und einer stumpferen $m_1 P\infty$ (Seitenkantenwinkel $= \mathfrak{B}_1$) $= 180^0 + {}^1/_2 \mathfrak{B}_1 - {}^1/_2 \mathfrak{B}$.

In ganz ähnlicher Weise findet man leicht, dass der Combinationskantenwinkel zwischen einer Pyramide mP (Endkantenwinkel $= A$) und ihrer ersten stumpferen Pyramide $mP\infty$ $= 90^0 + {}^1/_2 A$ ist u. s. w. Der Winkel, unter welchem die Flächen eines Sphenoids $\frac{mP}{2}$, entstanden aus einer Pyramide mP mit den Kantenwinkeln A und B, in den Endkanten zu einander geneigt sind, ist $180^0 - B$, in den Seitenkanten $180^0 - A$.

Uebersicht einiger im quadratischen System krystallisirenden Substanzen.

Es wurde oben (§. 139) erwähnt, dass verschiedene Sub- §. 173.
stanzen, die in quadratischen Formen krystallisiren, sehr ungleiche Längen der Hauptaxe haben und sehr verschieden spitze oder stumpfe Pyramiden zeigen. Es ist beachtenswerth, dass andererseits nahezu übereinstimmende Pyramiden auch bei nicht isomorphen Körpern vorkommen können und dass überhaupt gewisse quadratische Pyramiden sich viel häufiger zeigen als andere. Zu solchen häufiger vorkommenden Pyramiden gehören z. B. die mit $A = 122$ bis 123^0 und $B = 84$ bis 86^0 (solche kommen z. B. vor an Rutil, Strontianhydrat, chlorsaurem Silberoxyd, phosphorsaurem Kali, Zirkon u. a.), oder die dem Regulär-oktaëder ähnlichen, wo A und B nahezu =

109 bis 110° (Braunit, Kupferkies u. a.), oder die mit $A = 105$ bis 106° und $B = 116$ bis 118° (Zinn, Bor, Hausmannit, Drittel-Arseniknickel u. a.).

Von wichtigeren Substanzen, welche in Formen des quadratischen Systems krystallisiren, nennen wir hier folgende:

Nur für wenige unzerlegte Körper ist quadratische Krystallform beobachtet worden.

Zinn, auf galvanischem Wege langsam reducirt, zeigt im Wesentlichen die Combination $P . \infty P . P\infty . \infty P\infty$, ähnlich Fig. 181; die Kanten zwischen P und ∞P, und zwischen $P\infty$ und $\infty P\infty$, sind abgestumpft durch Flächen von $3P$ und $3P\infty$. Für P ist: $c = 0{,}3857$, $A = 140°25'$, $B = 57°13'$; für $3P$ ist: $A = 105°48'$, $B = 117°8'$.

Bor zeigt P mit $2P . \infty P . \infty P\infty$ u. a. Für P ist: $c = 0{,}5762$, $A = 126°56'$, $B = 78°21'$; für $2P$ ist: $A = 105°52'$, $B = 116°56'$.

§. 174. Unter den Oxyden krystallisiren mehrere der Formel MeO_2 entsprechend zusammengesetzte quadratisch.

1) Zinnoxyd (Zinnstein, SnO_2). Gewöhnlichste Form: $P . \infty P . P\infty . \infty P\infty$ (Fig. 181), die Prismen oft nur schmal ausgebildet, $P\infty$ auch fehlend; einige andere vorkommende Flächen zeigen die Combinationen Fig. 184 und 185 (vergl. §. 155). Für P ist: $c = 0{,}6743$, $A = 121°35'$, $B = 87°17'$. Zwillinge wie Fig. 182 und 183 (vergl. §. 169). Unvollkommen spaltbar nach ∞P und $\infty P\infty$, nur in Spuren nach P. Das Zinnoxyd soll dimorph sein; vergl. §. 287.

2) Titansäure (Rutil, TiO_2). Säulenartig durch Vorherrschen von Prismen; krystallisirt als $P . \infty P . P\infty . \infty P\infty$ (Fig. 181), auch ohne $P\infty$ u. a. Für P ist: $c = 0{,}6442$, $A = 123°8'$, $B = 84°40'$. Zwillinge nach demselben Gesetz wie bei SnO_2; deutlich spaltbar nach ∞P und $\infty P\infty$.

Diese beiden Verbindungen sind isomorph; die Titansäure existirt indess in noch zwei anderen Modificationen mit anderer Krystallform. Als Anatas erscheint sie in Krystallen, die zwar auch quadratisch sind, aber mit der Form des Rutils nicht vereinbar; wie denn überhaupt der Anatas naturhistorisch, nach specif. Gew., Härte, Spaltbarkeit u. s. w., vom Rutil verschieden ist. Gewöhnlichste Form des Anatases ist die Grundform P, ähnlich Fig. 362; eine Combination zeigt Fig. 179

(vergl. §. 147). Für P ist: $c = 1{,}7723$, $A = 97°55'$, $B = 136°30'$. Vollkommen spaltbar nach P, weniger nach $0P$. — Hinsichtlich der dritten Modification der Titansäure vergl. §. 287.

Manganoxydoxydul (Hausmannit, Mn_3O_4); spitze Pyra- §. 175.
mide, ähnlich Fig. 362; $c = 1{,}1535$, $A = 105°51'$, $B = 116°59$; ziemlich spaltbar nach $0P$, weniger deutlich nach P.

Manganoxyd (Braunit, Mn_2O_3), stumpfe Pyramide, ähnlich Fig. 73; $c = 0{,}985$, $A = 109°53'$, $B = 108°39'$; vollkommen spaltbar nach P, nicht nach $0P$.

Strontianhydrat ($SrO + 9HO$). Quadratisches Prisma $\infty P . 0P$, die Kanten zwischen ∞P und $0P$ abgestumpft durch P. Für P ist: $c = 0{,}6411$, $A = 123°17'$, $B = 84°24'$; leicht spaltbar nach $0P$, weniger nach ∞P. Auch an Barythydrat ($BaO + 9HO$) hat man vierseitige, mit vierseitigen Pyramiden zugespitzte Krystalle beobachtet, die vielleicht mit den vorhergehenden isomorph sind.

Kupferkies (Cu_2S, Fe_2S_3). Die Grundform P, für welche §. 176.
$c = 0{,}985$, $A = 109°53'$, $B = 108°40'$, erscheint hemiëdrisch als Sphenoid für sich und in Combinationen (z. B. Fig. 196, vergl. §. 160—162); meistens in Zwillingen (vergl. §. 168). Spaltbar nach $2P\infty$, aber gewöhnlich undeutlich.

Drittel-Arseniknickel (krystallisirte Kobaltspeise, Ni_3As) zeigt $P . 0P$ (ähnlich Fig. 186). Für P ist: $c = 1{,}124$, $A = 106°28'$, $B = 115°39'$. Die Seitenkanten sind manchmal zugeschärft durch $2P$, dessen Flächen dann einen Winkel B von 145°5′ machen.

Halb-Chlorquecksilber (Quecksilberchlorür, Calomel, §. 177.
Quecksilberhornerz, Hg_2Cl) zeigt die Combination $P . \infty P\infty$ (ähnlich Fig. 192), auch mit ∞P, $P\infty$ und $0P$. Für P ist: $c = 1{,}7414$, $A = 98°8'$, $B = 135°50'$.

Quecksilberjodid (HgJ) krystallisirt in der rothen Modification quadratisch; es zeigt die Formen P (ähnlich Fig. 362), $P.0P$, $\infty P\infty . 0P . P$ (ähnlich Fig. 193), $\infty P\infty . 0P$. Für P ist: $c = 1{,}997$, $A = 96°24'$, $B = 141°0'$. Vollkommen spaltbar nach $0P$. Das Quecksilberjodid ist dimorph, vergl. §. 289.

1) Kupferchlorid-Chlorkalium ($CuCl, KCl + 2HO$) und 2) Kupferchlorid-Chlorammonium ($CuCl, AmCl + 2HO$) krystallisiren in gleicher Form: $P . \infty P\infty$ (Fig. 177), oft verzerrt, (Fig. 178, vergl. §. 157 und 158). Es ist für P:

bei 1): $c = 0{,}751$, $A = 118°2'$ $B = 93°27'$
bei 2): $c = 0{,}743$, $A = 118°23'$ $B = 92°51'$.

§. 178. Eine andere isomorphe Gruppe bilden 1) Molybdänsaures Bleioxyd (Gelbbleierz, PbO, MoO_3) und 2) Wolframsaures Bleioxyd (Scheelbleispath, PbO, WoO_3). Die häufigsten Gestalten sind P (ähnlich Fig. 362), die oft tafelförmige Combination $P.0P$, u. a. Beide sind undeutlich spaltbar parallel P.

Für P ist bei 1): $c = 1{,}574$, $A = 99°40'$ $B = 131°35'$.
bei 2): $c = 1{,}5692$, $A = 99°42'$ $B = 131°30'$.

Diesen schliesst sich an 3) Wolframsaurer Kalk (Scheelit, CaO, WoO_3). Gewöhnlichste Form ist die in Fig. 198 mit P bezeichnete Pyramide, charakteristisch die in der Combination Fig. 198 auftretende Hemiëdrie (vergl. §. 167). Für diese Pyramide P ist $c = 1{,}0858$, $A = 107°20'$, $B = 113°51'$. Spaltbarkeit zeigt sich undeutlich parallel den Flächen dieser Pyramide, deutlicher parallel den Flächen der ersten spitzeren $2P\infty$ (Fig. 198). Nimmt man letztere Pyramide als Grundform, (wo alsdann die in Fig. 198 mit P bezeichnete als erste stumpfere, $P\infty$, zu deuten wäre), so hätte man für sie $c = 1{,}5356$, $A = 100°5'$, $B = 130°33'$, also grosse Uebereinstimmung mit den Grundformen der vorhergehenden Verbindungen. Die letztere, spitzere Pyramide als Grundform zu betrachten, hat man desshalb Anstand genommen, weil sie zwar manchmal vorherrschend, aber doch nicht selbstständig auftritt, und die stumpfere (in Fig. 198 mit P bezeichnete) Pyramide die gewöhnlichere Form ist.

§. 179. Für jodsaures Ammoniak (AmO, JO_5) kann als Grundform P eine Pyramide angenommen werden, für welche $c = 1{,}0136$, $A = 109°7'$, $B = 110°12'$. Vorkommende Flächen sind dann P, $2P$, ∞P, $P\infty$ (für welches $\mathfrak{A} = 119°32'$, $\mathfrak{B} = 90°46'$), $2P\infty$ $\infty P\infty$, $0P$. An der würfelähnlichen Combination $\infty P\infty.0P$ zeigen sich manchmal untergeordnet ∞P und $P\infty$ als Abstumpfungen der Kanten (die Gestalt ist dann ähnlich der regulären Combination Fig. 82), wozu noch P (so dass eine der Fig. 84 ähnliche Gestalt entsteht) und die anderen genannten Pyramiden treten.

Isomorph sind:

1) Phosphorsaures Kali $(KO, 2HO, PO_5)$
2) Phosphors. Ammoniumoxyd $(AmO, 2HO, PO_5)$
3) Arsensaures Kali $(KO, 2HO, AsO_5)$
4) Arsens. Ammoniumoxyd $(AmO, 2HO, AsO_5)$

Sie krystallisiren gewöhnlich in der Combination ∞P . P, ähnlich Fig. 175, aber mit stumpfer Pyramide (vergl. §. 163).

Es ist für 1 und 3: $c = 0{,}6640$, $A = 122°6'$ $B = 86°24'$
2 und 4: $c = 0{,}7124$, $A = 119°46'$ $B = 90°26'$.

Isomorph sind:

1) Schwefelsaures Nickeloxydul $(NiO, SO_3 + 6HO)$
2) Selensaures Nickeloxydul $(NiO, SeO_3 + 6HO)$
3) Selensaures Zinkoxyd $(ZnO, SeO_3 + 6HO)$

Alle drei Salze zeigen wesentlich dieselben Gestalten, Fig. 186 bis 191 (vergl. §. 156), und Dimensionen; man kann setzen:

für die Grundgestalt P: $c = 1{,}888$, $A = 97°4'$ $B = 138°56'$
für $\frac{1}{2}P$: $A = 111°4'$ $B = 106°20'$

Sehr deutlich spaltbar nach $0P$, weniger nach $\infty P\infty$.

Das schwefelsaure Nickeloxydul mit diesem Wassergehalt ist dimorph; über die andere Krystallform solcher schwefelsauren Salze $MeO, SO_3 + 6HO$ vergl. §. 349.

Isomorph sind: §. 180.

1) Schwefels. u. Silberoxyd-Ammoniak $(AgO, 2NH_3, SO_3)$
2) Selens. „ „ „ $(AgO, 2NH_3, SeO_3)$
3) Chroms. „ „ „ $(AgO, 2NH_3, CrO_3)$

Die Krystalle zeigen die Combination $\infty P\infty$. $0P$. ∞P . P (ähnlich wie Fig. 197, wenn man sich alle Kanten zwischen $0P$ und ∞P abgestumpft, und ∞P und P durch die anderen Flächen mehr zurückgedrängt denkt).

Es ist für 1): $c = 0{,}5351$, $A = 129°29'$ $B = 74°14'$
2) 0,5380 129°18' 74°32'
3) 0,5481 128°39' 75°34'

Chlorsaures Silberoxyd (AgO, ClO_5) zeigt die Flächen ∞P . $\infty P\infty$. P (ähnlich Fig. 194) mit $0P$ und $3P3$ (vergl. §. 154), manchmal auch die Pyramide $4P$ mit ∞P, $\infty P\infty$ und $0P$. Für P ist: $c = 0{,}6594$, $A = 122°20'$, $B = 86°0'$; für $4P$: $A = 93°51'$, $B = 149°59'$. — Isomorph damit ist das bromsaure Silberoxyd (AgO, BrO_5), an welchem für P: $c = 0{,}6667$, $A = 121°58'$, $B = 86°38'$.

Parasulfat-Ammon (NH_3SO_3) krystallisirt in der hemiedrischen Veränderung einer spitzen quadratischen Pyramide (Fig. 204), wie sie §. 165 beschrieben wurde. Für P ist: $c = 1{,}648$, $A = 98°56'$, $B = 133°32'$.

Kohlensaures Bleioxyd-Chlorblei (Hornblei, Bleihornerz; $PbCl + PbO, CO_2$) zeigt verschiedene Combinationen der Formen P, $0P$, ∞P, $\infty P\infty$ (z. B. ähnlich wie Fig. 197, wenn man sich alle Kanten zwischen $0P$ und ∞P abgestumpft denkt). Für P ist: $c = 1{,}0847$, $A = 107°21'$, $B = 113°48'$. Spaltbar parallel ∞P.

§. 181. Kieselsaure Zirkonerde (Hyacinth o. Zirkon; Zr_2O_3, SiO_3, wenn $Zr = 33{,}6$ und $Si = 21$; $2ZrO, SiO_2$ o. ZrO_2, SiO_2, wenn $Si = 14$ und $Zr = 22{,}4$ o. $44{,}8$). Vorherrschend sind meist die Flächen von P, ∞P oder $\infty P\infty$ (in Combinationen wie Fig. 194, 195 u. a.). Für P ist: $c = 0{,}6405$, $A = 123°19'$, $B = 84°20'$. Unvollkommen spaltbar parallel ∞P.

Als zusammengesetztere kieselsaure Verbindungen, welche besonders bemerkenswerth sind, mögen noch genannt werden:

Apophyllit; gewöhnlichste Form ist $P.\infty P\infty$ (Fig. 192), auch dieselbe mit $0P$ (Fig. 193; vergl. §. 155). Für P ist: $c = 1{,}2517$, $A = 104°0'$, $B = 121°4'$. Vollkommen spaltbar parallel $0P$, undeutlich parallel $\infty P\infty$.

Vesuvian (Idokras); gewöhnliche Form ist P mit $0P$, ∞P, $P\infty$, $\infty P\infty$ u. a. (etwa wie Fig. 181, wenn man sich die Endecken stark abgestumpft denkt). Für P ist: $c = 0{,}5372$, $A = 129°21'$, $B = 74°27'$. Undeutlich spaltbar parallel ∞P und $\infty P\infty$.

§. 182. Unter den Verbindungen der organischen Chemie führen wir an:

Quecksilbercyanid ($HgCy$); für P ist: $c = 0{,}4596$, $A = 134°40'$, $B = 66°2'$. P zeigt sich meist sphenoidisch hemiëdrisch, Fig. 36; Combinationen wie Fig. 199 bis 202, vergl. §. 164.

Ferrocyankalium oder Eisencyanür-Cyankalium (Blutlaugensalz, $Cfy, 2K + 3HO$ oder $FeCy, 2KCy + 3HO$). Gewöhnlichste Form ist $P.0P$ (ähnlich Fig. 186), zuweilen mit Flächen von $P\infty$ und $\infty P\infty$. Für P ist: $c = 1{,}768$, $A = 97°56'$, $B = 136°24'$. — Damit isomorph ist das Ferrocyanammonium oder Eisencyanür-Cyanammonium ($Cfy, 2Am + 3HO$

oder $FeCy, 2AmCy + 3HO$); für P ist: $c = 1{,}789$, $A = 97°46'$, $B = 136°52'$.

§. 183. **Mellithsaure** (Honigsteinsaure) **Thonerde** (Honigstein, $Al_2O_3, 3C_4O_3 + 18HO$) zeigt die Form P, mit $\infty P\infty$ (Fig. 176) und $0P$. Für P ist: $c = 0{,}7453$, $A = 118°17'$, $B = 93°1'$. Sehr unvollkommen spaltbar parallel P.

Essigsaurer Kupferoxyd-Kalk ($CuO, C_4H_3O_3 + CaO, C_4H_3O_3 + 8HO$) krystallisirt in der Form $\infty P . \dot{\infty} P\infty . 0P$ (Fig. 174), auch mit hinzukommenden Flächen von P (vergl. §. 163). Für P ist: $c = 1{,}035$, $A = 108°33'$, $B = 111°20'$.

Essigsaures Uranoxyd-Kali ($2[U_2O_3, C_4H_3O_3] + KO, C_4H_3O_3 + 2HO$) krystallisirt in der Combination $P . \infty P$ (Fig. 175). Für P ist: $c = 1{,}285$, $A = 103°26'$, $B = 122°21'$.

Essigsaures Uranoxyd-Silberoxyd ($2[U_2O_3, C_4H_3O_3] + AgO, C_4H_3O_3 + 2HO$) krystallisirt in derselben Form, aber mit anderen Winkeln; für P ist bei ihm: $c = 1{,}5385$, $A = 100°3'$, $B = 130°38'$.

§. 184. **Hämatoxylin** ($C_{32}H_{14}O_{12} + 6HO$). Für P ist: $c = 0{,}63$ ungefähr, $A = 124°$. Gewöhnliche Form $\infty P\infty . P$ (ähnlich Fig. 192), auch mit untergeordnetem $P\infty$. Vergl. §. 158.

Erythromannit (Erythroglucin o. Phycit; $C_8H_{10}O_8$). Für P ist: $c = 0{,}3762$, $A = 141°12'$, $B = 56°2'$. An der Combination $P . \infty P\infty$ tritt $3P3$ hemiëdrisch auf; vergl. §. 167.

Hexagonales System.

§. 185. Die Krystalle des hexagonalen Systems haben drei Nebenaxen, welche in Einer Ebene und unter 60° zu einander geneigt liegen, und eine Hauptaxe, welche auf den Nebenaxen rechtwinklig steht. Die drei Nebenaxen sind unter sich gleichartig, die Hauptaxe ist in Beziehung auf die Nebenaxen ungleichartig. Die Formen dieses Systems haben somit grosse Analogie mit den Formen des quadratischen Systems. Beiderlei Formen sind, wenn man die Hauptaxe aufrecht stellt, oben und unten anders ausgebildet als neben; aber während die Formen des quadratischen Systems gleiche Ausbildung nach vier Richtungen zeigten (nach links, rechts, vorn und hinten, vergl. §. 137), zeigen die des hexagonalen Systems gleiche Ausbildung nach sechs in einer Horizontalebene liegenden Richtungen, nämlich an den sechs Enden der drei Nebenaxen.

Die Verschiedenheit der Hauptaxe von den Nebenaxen ist auch in dem hexagonalen System zunächst qualitativer Art, d. h. die Krystalle sind an den Enden der ersteren anders ausgebildet als an den Enden der letzteren. Aber damit ist auch eine Ungleichheit in der Grösse der beiderlei Axen verbunden; die Hauptaxe ist bald grösser, bald kleiner als eine Nebenaxe. Ihre Grösse wird angegeben, bezogen auf die einer Nebenaxe als Einheit. Den Nebenaxen bleibt auch hier die Bezeichnung *a*, der Hauptaxe die Bezeichnung *c*.

Das Axensystem des hexagonalen Systems denken wir uns so gestellt, dass die Hauptaxe aufrecht steht, und eine Nebenaxe in der Richtung von links nach rechts sich befindet. In

der Zeichnung erscheinen dann diese Nebenaxe und die Hauptaxe unverkürzt, und man kann ihr Grössenverhältniss leicht überblicken. — Die Zeichnung des hexagonalen Axensystems folgt einfach aus dem §. 15 Bemerkten. Wenn in Fig. 8 die Punkte *a* und *d*, *b* und *e*, *c* und *f*, im Grundriss oder in dem perspectivischen Bilde, durch Linien verbunden werden, so hat man die drei Nebenaxen im Grundriss oder in perspectivischer Ansicht. Durch den Kreuzungspunkt dieser drei Nebenaxen zieht man dann die Hauptaxe rechtwinklig auf die Nebenaxe, die von links nach rechts geht, und in dem Grössenverhältniss zu dieser, wie es gerade der zu zeichnenden Substanz entspricht. So zeigen die punktirten Linien in Fig. 376 ein hexagonales Axenkreuz, wo *c* 0,85mal so gross ist als *a*.

Die Lage einer Fläche an Formen des hexagonalen Systems bestimmt man weitläufiger durch die Angabe, wie die Fläche die drei Nebenaxen und die Hauptaxe schneidet, abgekürzt aber so, dass man dies für die Hauptaxe und für zwei Nebenaxen angiebt, denn daraus kann man die Lage der Fläche gegen die dritte Nebenaxe ableiten.

Einfache holoëdrische Formen.

Die einfachste Form ist durch Flächen begrenzt, welche §. 186.
zwei Nebenaxen in gleichem Abstand von dem Mittelpunkte schneiden, mit der dritten Nebenaxe parallel gehen und irgendwo die Hauptaxe schneiden. Diese Form bezeichnet man als (doppelte) hexagonale Pyramide, auch als gleichkantige sechsseitige Pyramide, Hexagondodekaëder, Bipyramidaldodekaëder, Quarzoid u. a.

Die hexagonalen Pyramiden (Fig. 375—377, Modell 27*) haben 12 Flächen, welche gleichschenklige Dreiecke sind. (Je nachdem diese gleichschenkligen Dreiecke spitze oder stumpfe sind, kann man spitze und stumpfe hexagonale Pyramiden unterscheiden.) Die 8 Ecken sind zweierlei Art: 2 Endecken *A*, (Fig. 376), wo die Hauptaxen ausmünden, 6 Seitenecken *B*, wo die Nebenaxen ausmünden. Die 18 Kanten sind gleichfalls

*) Es ist bei diesem Modell $c = 1{,}1$; dieses Axenverhältniss ist das bei dem Quarz vorkommende.

zweierlei Art: 6 Seitenkanten BB, deren jede zwei Seitenecken verbindet, und 12 Endkanten AB, deren jede ein Seiteneck und ein Endeck verbindet. Ein durch die drei Nebenaxen gelegter Schnitt ist ein regelmässiges Sechseck; ein durch eine Nebenaxe und die Hauptaxe gelegter ist ein Rhombus. (Hinsichtlich Verwechslungen vergl. §. 97, 208, 260, 262.)

Die in der Natur vorkommenden hexagonalen Pyramiden sind verschieden spitz oder stumpf, d. h. verschieden in Beziehung auf das Grössenverhältniss zwischen Haupt- und Nebenaxen. Zur Ermittelung dieses Verhältnisses dient die Bestimmung eines Winkels an der Pyramide, des Winkels unter welchem die Flächen in einer Seitenkante oder in einer Endkante zusammenstossen. §. 234 werden die nothwendigsten Formeln für diese Ermittelung angegeben.

§. 187. Ganz analog dem, was §. 139 über das Auftreten mehrerer quadratischer Pyramiden an Krystallen desselben Körpers gesagt wurde, kommen auch an einer und derselben Substanz verschiedene hexagonale Pyramiden vor. Man nimmt auch unter diesen eine als Grundform an, und unterscheidet davon diejenigen, deren Flächen eine ähnliche Lage haben, als spitzere oder stumpfere Pyramiden erster Ordnung (oder gleicher Ordnung wie die der Grundform ist). Die Hauptaxe der Grundform wird mit c bezeichnet, und man hat für die Flächen der Grundform:

$a : a : \infty a : c$ abgekürzt P

stumpfere Pyramiden erster Ordnung $a : a : \infty a : mc\ (m<1)$ „ $mP\ (m<1)$

spitzere Pyramiden erster Ordnung $a : a : \infty a : mc\ (m>1)$ „ $mP\ (m>1)$

Für diejenigen Pyramiden, welche sich an Krystallen derselben Substanz vorfinden, stehen auch wieder die Werthe von m in einfachen und rationalen Verhältnissen zu 1.

Denkt man sich die Hauptaxe auf 0 verkürzt, so erhält man das Zeichen $0P$ für die Endfläche. Denkt man sich die Hauptaxe unendlich verlängert, so erhält man das erste hexagonale Prisma (Fig. 378), eine ungeschlossene Form, begrenzt durch sechs Flächen, deren jede zwei Nebenaxen gleich weit vom Mittelpunkt schneidet und mit der dritten Nebenaxe und der Hauptaxe parallel geht. (Hinsichtlich der Formen, welche

einem hexagonalen Prisma ähnlich sind, vergl. namentlich §. 264, 265, 312.)

§. 188. Ausser den hexagonalen Pyramiden erster Ordnung, deren Flächen in so fern gleiche Lage mit denen der Grundform haben, als auch sie zwei Nebenaxen in gleichem Abstand von dem Mittelpunkt schneiden und der dritten Nebenaxe parallel gehen — kommen auch hexagonale Pyramiden zweiter Ordnung vor, deren Flächen im Allgemeinen so liegen, wie die Endkanten von Pyramiden erster Ordnung. Die Stellung der Pyramiden erster und zweiter Ordnung zu einander übersieht man in Fig. 40, welche einen Schnitt durch die Seitenkanten zweier solcher Pyramiden darstellt; die punktirten Linien sind die drei Nebenaxen, die ausgezogenen Linien zeigen die Lage der Seitenkanten einer Pyramide erster Ordnung, die gestrichelten die einer Pyramide zweiter Ordnung. Nennt man a den Abstand vom Mittelpunkte, in welchem die Seitenkanten (oder Flächen) der Pyramide erster Ordnung die Nebenaxen schneiden, so gehen die Seitenkanten (oder Flächen) der Pyramiden zweiter Ordnung in der Richtung $2a:a:2a$; die allgemeine Formel einer Pyramide zweiter Ordnung ist $a:2a:2a:mc$ oder abgekürzt $mP2$.

Die hexagonalen Pyramiden zweiter Ordnung sind als solche nur in Beziehung zu einer bestimmten Grundform zu erkennen. Eine einzeln auftretende hexagonale Pyramide kann man eben so gut als eine erster Art, wie als eine zweiter Art betrachten, und wird das erstere thun, wo nicht das Vorkommen noch einer entgegengesetzten Pyramide, welche angemessener als Grundform erscheint, oder Spaltungsrichtungen das Gegentheil anrathen. Bestimmt man die Stellung des Axensystems durch die Grundform, so dass man die Nebenaxen durch die Seitenecken derselben gehen lässt, so zeichnen sich die Pyramiden zweiter Ordnung dadurch aus, dass bei ihnen die Nebenaxen durch die Mittelpunkte der Seitenkanten gehen. Die Seitenecken C der Pyramiden zweiter Ordnung (Fig. 385, 386, 387) liegen zwischen zwei Nebenaxen.

§. 189. Unter den hexagonalen Pyramiden zweiter Ordnung sind wieder zwei vorzüglich zu merken, welche die Grundform in besonders regelmässiger Weise abändern. Die eine ist die

erste stumpfere Pyramide der Grundform, d. h. diejenige, deren Flächen dieselbe Lage und Neigung gegen die Hauptaxe haben, wie die Endkanten der Grundform. Denkt man sich in dem Kreuzungspunkte der Nebenaxen Fig. 40 eine Hauptaxe senkrecht auf die Ebene des Papiers, deren oberes Ende in einem bestimmten Abstand c vom Mittelpunkt ist, so sieht man leicht ein, dass für die Grundform $a:a:\infty a:c$ die erste stumpfere Pyramide eine solche ist, deren Flächen in der Richtung $a:2a:2a:c$ liegen, und allgemein ist für jede Pyramide mP die erste stumpfere $mP2$. Anders ausgedrückt: durch die Flächen einer Pyramide zweiter Ordnung $mP2$ werden die Endkanten einer Pyramide erster Ordnung mP gerade abgestumpft.

Die erste spitzere Pyramide für die Grundform ist diejenige, deren Endkanten dieselbe Lage und Neigung gegen die Hauptaxe haben, wie die Flächen der Grundform. Ist die Grundform in Fig. 40 durch den Punkt c auf der (mittelst einer Nadel wieder leicht darzustellenden) Hauptaxe und die ausgezogenen Seitenkanten angedeutet, so werden die Endkanten der ersten spitzeren Pyramide in der Richtung c zu b, c zu d u. s. f. gehen, wenn b, d u. s. f. die Mittelpunkte der Seitenkanten der Grundform sind; eine Fläche der ersten spitzeren Pyramide wird also in der Richtung $c:b:d$ liegen. Die Linie bd schneidet aber die eine Nebenaxe in $^3/_4$ der Entfernung vom Mittelpunkte, in welcher die Seitenkanten der Grundform die Nebenaxen schneiden (in dem Dreiecke gfk halbirt eine Linie fh die Linie gk, so dass $gh = hk = {}^2/_4 a$, wenn man $gk = a$ setzt; in dem Dreieck fhk halbirt di die Linie hk, so dass $hi = {}^1/_4 a$ ist; also ist $gi = {}^3/_4 a$). Die Flächen der ersten spitzeren Pyramide der Grundform gehen also in der Richtung $^3/_4 a : 2.{}^3/_4 a : 2.{}^3/_4 a : c$ oder $a:2a:2a:{}^4/_3 c$, und haben die abgekürzte Bezeichnung $^4/_3 P2$; allgemein ist für jede Pyramide erster Ordnung mP die zugehörige erste spitzere Pyramide $^4/_3 mP2$.

Es können sich hexagonale Pyramiden zweiter Ordnung von verschiedenen Axenverhältnissen an derselben Substanz vorfinden, aber für jede Pyramide $mP2$ steht m in einem einfachen und rationalen Verhältniss zu 1. — Denkt man sich in einer solchen Pyramide die Hauptaxe auf 0 verkürzt, so geht

die Form wieder in die Endfläche über; denkt man sie sich unendlich verlängert, so erhält man das zweite hexagonale Prisma (Fig. 388), dessen Flächen also gerade da liegen, wo bei dem ersten hexagonalen Prisma die Kanten liegen.

§. 190. Die Pyramiden und Prismen erster und zweiter Ordnung aus dem hexagonalen System entsprechen also ganz den gleichnamigen Formen aus dem quadratischen System; auch für die Formen, welche in dem letzteren System als symmetrisch-achtseitige Pyramiden und Prismen besprochen wurden, giebt es in dem hexagonalen System entsprechende. Symmetrisch-zwölfseitige Pyramiden (auch Dipyramiden, Didodekaëder, Berylloide u. a.) nennt man Formen, deren Flächen gehörig verlängert alle drei Nebenaxen ungleich und auch die Hauptaxe schneiden. Fig. 381 zeigt eine solche, von deren Flächen jede zwischen den drei Nebenaxen in der Richtung $^3/_2a : a : 3a$ liegt*); man sieht dies deutlicher in Fig. 41, welche einen Schnitt durch die Seitenkanten dieser symmetrisch-zwölfseitigen Pyramide darstellt.

Die symmetrisch-zwölfseitigen Pyramiden haben 24 Flächen, welche ungleichseitige Dreiecke sind. Die 14 Ecken sind dreierlei Art: 2 Endecken A, 6 Seitenecken B, welche in den Nebenaxen liegen, 6 Seitenecken C, welche zwischen den Nebenaxen liegen (vergl. Fig. 41); die ersteren liegen also wie Seitenecken von hexagonalen Pyramiden erster, die letzteren wie Seitenecken von hexagonalen Pyramiden zweiter Ordnung. Die 36 Kanten sind gleichfalls dreierlei Art: 12 Seitenkanten BC, 12 Endkanten AB, welche den Endkanten von hexagonalen Pyramiden erster, und 12 Endkanten AC, welche denen von Pyramiden zweiter Ordnung entsprechen.

Die Flächen der symmetrisch-zwölfseitigen Pyramiden liegen in der Richtung $a : na : pa : mc$, wenn man eine Grundform mit Flächen in der Richtung $a : a : \infty a : c$ voraussetzt. Die Werthe von n, p und m stehen zu 1 in einfachen und rationalen Verhältnissen. Der Werth von n schwankt zwischen 1 und 2; für $n = 1$ geht obige Formel über in die einer hexagonalen Pyramide erster, für $n = 2$ in die einer solchen zweiter Ord-

*) Modell 29 zeigt eine symmetrisch-zwölfseitige Pyramide $P^3/_2$, bezogen auf die durch Modell 27 dargestellte Pyramide als Grundform P.

nung. Ist der Werth von n bekannt, so kann man den von p leicht ableiten; die Lage einer Fläche ist überhaupt bestimmt, wenn man weiss, in welcher Richtung sie gegen zwei Nebenaxen und die Hauptaxe liegt. Die Formel $a:na:pa:mc$ wird desshalb abgekürzt geschrieben mPn; Fig. 381 stellt vor $P^3/_2$, Fig. 380 $^1/_2P^3/_2$, Fig. 382 $2P^3/_2$, alles dies in Beziehung auf Fig. 376 als Grundform P.

Für den Fall, dass in der Formel mPn $m = \infty$ wird, geht die symmetrisch-zwölfseitige Pyramide über in das symmetrisch-zwölfseitige Prisma (Fig. 383).

Ganz analog dem, was oben §. 144 und 145 über die symmetrisch-achtseitigen Pyramiden und Prismen angeführt wurde, können regulär-zwölfseitige Pyramiden und Prismen nicht vorkommen; in den Formeln $a:na:pa:mc$ oder $a:na:pa:\infty c$ ständen nämlich dann n und p zu 1 in irrationalen Verhältnissen. Ein zwölfseitiges Prisma mit gleichen Kanten ist eine Combination des ersten und des zweiten hexagonalen Prisma's (vergl. §. 194).

§. 191. Die hexagonalen Pyramiden erster und zweiter Ordnung, die symmetrisch-zwölfseitigen Pyramiden, das erste und das zweite hexagonale Prisma, symmetrisch-zwölfseitige Prismen und die Endfläche sind die holoëdrischen Formen, welche in dem hexagonalen System möglich sind. Tafel XIX. (Fig. 374 bis 388) giebt in den Zeichen eine vollständige Uebersicht über sie, wie sie von einer Grundform P aus sich entwickeln, und in den Figuren Beispiele für die allgemeineren Zeichen (z. B. $2P$ für mP wo $m > 1$, $P^3/_2$ für Pn u. s. f.).

Die geschlossenen holoëdrischen Formen des hexagonalen Systems kommen nur selten selbstständig vor; so eine hexagonale Pyramide an dem Quarz, an der Verbindung von Traubenzucker und Chlornatrium (es ist in Beziehung auf diese Pyramiden etwas zu bemerken, was erst §. 208 besprochen werden kann). Alle ungeschlossenen Formen, die symmetrisch-zwölfseitigen Pyramiden und die anderen geschlossenen holoëdrischen Formen bei weitem am häufigsten finden sich in Combinationen. Es entsprechen diese so sehr den §. 147 bis 156 betrachteten Combinationen des quadratischen Systems, dass wir sie hier nur kurz anzuführen brauchen.

Combinationen der holoëdrischen Formen.

§. 192. Hexagonale Pyramiden derselben Ordnung combiniren sich so, dass die stumpfere eine Zuspitzung der Endecken an der spitzeren, oder die spitzere eine Zuschärfung der Seitenkanten an der stumpferen hervorbringt. Von Combinationen der Pyramiden verschiedener Ordnung ist namentlich die der Grundform P mit der ersten stumpferen Pyramide $P2$ hervorzuheben. Die Flächen der letzteren stumpfen die Endkanten der ersteren gerade ab, wie in Fig. 215, einer Combination des Apatits, sichtbar ist; es tritt hier noch eine spitzere Pyramide erster Ordnung, $2P$, auf, deren Endkanten gleichfalls abgestumpft sind, was (vergl. §. 189) durch $2P2$ geschieht.

Die erste spitzere Pyramide für die Grundform, $^4/_3P2$, kommt nicht so häufig vor, doch werden wir unten (§. 216) ihr Auftreten in einigen Combinationen betrachten; ihre Endkanten werden durch die Flächen der Grundform P gerade abgestumpft (vergl. §. 189). Eine andere spitzere Pyramide zweiter Ordnung ist ausserdem wichtig, nämlich $2P2$; darüber, wie sie in Combinationen kenntlich ist, vergl. §. 193.

Die Endfläche, $0P$, bringt an den hexagonalen Pyramiden Abstumpfungen der Endecken hervor (Fig. 211; Apatit).

§. 193. An einer vorherrschenden hexagonalen Pyramide bringt das hexagonale Prisma gleicher Ordnung Abstumpfung der Seitenkanten hervor, das hexagonale Prisma entgegengesetzter Ordnung Abstumpfung der Seitenecken. An einem vorwaltenden Prisma bringt eine hexagonale Pyramide gleicher Ordnung sechsflächige Zuspitzung der Enden hervor, wo die Zuspitzungsflächen gerade aufgesetzt sind auf die Prismaflächen (Fig. 205, Modell 28, Quarz; hinsichtlich Verwechslungen vergl. §. 208, 264, 265); eine hexagonale Pyramide entgegengesetzter Ordnung bewirkt eine sechsflächige Zuspitzung, wo die Zuspitzungsflächen auf die Prismakanten gerade aufgesetzt sind.

An der Combination einer hexagonalen Pyramide erster Ordnung mP und dem ersten hexagonalen Prisma ∞P bringt eine spitzere Pyramide zweiter Ordnung $2mP2$ Abstumpfung der Combinationsecken hervor; die Abstumpfungsflächen sind Rhomben, und die Kanten, in welchen sie die Flächen von

mP und ∞P schneiden, sind den Endkanten von mP parallel *). So zeigen sich nicht selten an der Combination $P.\infty P$ des Quarzes (Fig. 205) einzelne Combinationsecken in dieser Weise abgestumpft; wären sie es alle, so würde eine Form wie Fig. 208 entstehen. Die hier mit x bezeichneten Abstumpfungsflächen gehören der Pyramide $2P2$ an; über ihr vereinzeltes Auftreten vergl. §. 229.

§. 194. Die hexagonalen Prismen combiniren sich mit der Endfläche; $\infty P.0P$ (Fig. 378, wenn man sich das Prisma oben und unten durch $0P$ geschlossen denkt) findet sich am Kalkspath, Apatit, Nephelin, Beryll u. a. (hinsichtlich einer ähnlichen Form vergl. §. 264**). An dieser Combination verursacht das Hinzutreten einer hexagonalen Pyramide gleicher Ordnung wie das Prisma eine Abstumpfung der Combinationskanten, das Hinzutreten einer Pyramide entgegengesetzter Ordnung eine Abstumpfung der Combinationsecken. Beide Fälle finden sich an dem Apatit; Fig. 212 zeigt die Combination $\infty P.0P$ mit P, Fig. 213 zeigt $\infty P.0P$ mit $2P2$.

---

*) Denkt man sich in dem Mittelpunkt g der Fig. 40 eine Hauptaxe errichtet, deren Ende mit c bezeichnet sei, so tritt z. B. an der Pyramide P (deren Flächen von f zu k zu c, von k zu e zu c u. s. w. gehen) eine Pyramide $2P2$ in der Art auf, dass eine von ihren Flächen, welche das Eck k der Pyramide P ersetzt, mit den zwei anliegenden Flächen von P Combinationskanten bildet, welche mit den von f zu c und von e zu c sich erstreckenden Endkanten von P parallel sind. Wird eine Fläche, welche solche Combinationskanten bildet, parallel mit sich selbst dem Mittelpunkt genähert, bis diese Combinationskanten mit den ebengenannten Endkanten zusammenfallen, so geht jene Fläche durch c und durch die Linie ehf, d. h. sie schneidet die Axen in dem Verhältniss $a:\frac{1}{2}a:a:c$ oder $2a:a:2a:2c$, oder sie hat die Lage $2P2$.

**) Die Endfläche des hexagonalen Systems ist es, welche vorherrschend eigentliche hexagonale Tafeln begrenzt. Mit diesen haben viele andere Formen mehr oder weniger Aehnlichkeit, welche tafelförmig sind und eine sechseckige Fläche als die vorherrschende zeigen. Eine verzerrte Oktaëderfläche (wie in Fig. 104), eine Oktaëderfläche, welche durch Zutreten von $\infty O\infty$ sechseckig erscheint (Fig. 74), können bei bedeutendem Vorherrschen an verzerrten Krystallen eine anscheinend hexagonale Tafel begrenzen. Die genauere Unterscheidung solcher Formen ergiebt sich aus dem bei ihrer Besprechung Mitgetheilten; an ähnliche Gestalten wird §. 213, 264, 333 erinnert werden.

Die beiden Prismen combiniren sich unter einander; die Flächen des einen stumpfen die Kanten des anderen ab, und wenn beide im Gleichgewicht auftreten, bringen sie ein regulär zwölfseitiges Prisma hervor, an welchem aber zweierlei Flächen zu unterscheiden sind. Fig. 214 zeigt die am Apatit vorkommende Form $P.0P.\infty P.\infty P2$; an demselben Mineral zeigt sich auch $\infty P.\infty P2.0P$ sehr häufig.

§. 195. Die symmetrisch-zwölfseitigen Pyramiden zeigen sich selten mit allen ihren Flächen in Combinationen; ein Beispiel für ihr derartiges Auftreten giebt Fig. 217, eine Combination des Berylls, gebildet durch das erste hexagonale Prisma ∞P, die Endfläche $0P$, die Grundform P, eine Pyramide zweiter Ordnung $2P2$ (bestimmbar danach, wie ihre Flächen gegen P und ∞P liegen; vergl. §. 193), eine Pyramide erster Ordnung $2P$ (bestimmbar dadurch, dass ihre Endkanten durch $2P2$ gerade abgestumpft werden; vergl. §. 189), und eine symmetrisch-zwölfseitige Pyramide $3P^3/_2$, deren (in der Figur mit s bezeichnete) Flächen die Combinationskanten zwischen $2P2$ und ∞P abstumpfen. — Etwas weniger selten treten diese Formen hemiedrisch und tetartoëdrisch auf; vergl. §. 227, 228 und 230.

Noch seltener zeigt sich das symmetrisch-zwölfseitige Prisma vollflächig; in Combination mit einem hexagonalen Prisma bildet es Zuschärfungen der Kanten desselben, in Combination mit den beiden entgegengesetzten Prismen bildet es Abstumpfung der Combinationskanten zwischen ∞P und $\infty P2$. Meistens zeigt sich das symmetrisch-zwölfseitige Prisma hemiedrisch; vergl. §. 227 und 228.

§. 196. Als ein weiteres Beispiel einer complicirteren Combination, und wie sich daran die einzelnen Flächen ermitteln lassen, wählen wir die Fig. 215 dargestellte Combination des Apatits. Die Wahl der mit P bezeichneten Flächen als Grundform rechtfertigt sich dadurch, dass sich auf diese Grundform alle anderen vorkommenden Formen höchst einfach beziehen lassen. Für diese angenommene Grundform ergiebt sich dann die Bestimmung der Flächen $0P$, ∞P und $\infty P2$ von selbst; die Flächen der Pyramide $P2$ sind daran kenntlich, dass sie die Endkanten der Grundform P gerade abstumpfen (§. 189); die von $2P2$ daran, dass sie Abstumpfungen zwischen P und ∞P bilden, deren Combinationskanten den Endkanten von P (oder

im vorliegenden Fall den Kanten zwischen P und $P2$, was dasselbe ist) parallel sind (§. 193); die von $2P$ daran, dass ihre Endkanten durch die Flächen von $2P2$ gerade abgestumpft werden (§. 189).

Auch bei den Combinationen der hexagonalen Formen gilt übrigens, wie bei denen der quadratischen (§. 156), die Regel, dass solche Formen, welche zwischen den Nebenaxen in denselben Richtungen liegen, sich in horizontalen Combinationskanten schneiden, oder so, dass die oberen und die unteren Combinationskanten parallel sind; Formen, welche zwischen den Nebenaxen in verschiedenen Richtungen liegen, schneiden sich hingegen in geneigten Combinationskanten, und die oberen und unteren sind sich nicht parallel. Das erstere sieht man bei der Betrachtung der Combinationskanten zwischen $0P$, P, $2P$ und ∞P Fig. 215, welche sämmtlich horizontal sind, oder an denen zwischen $0P$ (welches man sich als $0P2$ denken kann, vergl. §. 189), $P2$, $2P2$ und $\infty P2$ derselben Figur; das letztere bei der Betrachtung der Combinationskanten zwischen irgend welchen Figuren erster und zweiter Ordnung (z. B. P und $2P2$, oder $2P2$ und ∞P) derselben Figur, oder der Kanten zwischen s ($3P^3/_2$) und ∞P in Fig. 217.

Verzerrungen der holoëdrischen hexagonalen Formen.

§. 197. Auch in diesem System kommen mannichfache Verzerrungen der holoëdrischen Formen und ihrer Combinationen vor, welche wir hier indess nur kurz zu berühren brauchen, da sich über sie nur Aehnliches, wie das bei den vorhergehenden Systemen über Verzerrungen Bemerkte sagen liesse. Die hexagonalen Prismen sind häufig in der Art verzerrt, dass eine oder zwei sich parallele ihrer Flächen bei weitem mehr ausgedehnt (in geringerer Centraldistanz, vergl. §. 86) vorhanden sind, als die übrigen. Bezüglich der Pyramidenflächen zeigt der Quarz häufig auffallende Verzerrungen; bald ist eine Fläche ganz zurückgedrängt vor den anderen (wie in Fig. 206 die oben vorn liegende) und häufig kaum sichtbar, bald ist eine Fläche ungleich mehr ausgedehnt als die anderen, (was in derselben Figur für die vordere Fläche unten rechts dargestellt

ist). In beiden Fällen hat die Verzerrung zur Folge, dass ein Combinationseck zwischen P und ∞P nun zu einer Kante verzerrt erscheint; tritt jetzt noch eine Fläche von $2P2$ hinzu (vergl. §. 193), so erscheint diese als eine oft langgezogene Abstumpfungsfläche dieser Kante, während sie an der idealen Form (Fig. 208) als Rhombus auftreten müsste.

Hemiëdrische Formen.

§. 198. Häufig sind mehrere Flächen an dem Quarz in abnormer Ausdehnung vorhanden, zwei sich parallele z. B. ungemein vorherrschend, alle anderen zurückgedrängt, oder von den abwechselnden Flächen eine sehr, die anderen weniger vorherrschend, u. s. f. Manchmal aber zeigt sich auch eine grosse Regelmässigkeit in dem Vorherrschen der einzelnen Flächen: abwechselnde nämlich erscheinen gleichmässig vergrössert, die zwischenliegenden gleichmässig verkleinert. Der Krystall hat dann das Ansehen wie Fig. 207; es kommen selbst Quarzkrystalle vor, an welchen diese zwischenliegenden Flächen gänzlich verschwunden sind.

In ähnlicher Weise zeigen Krystalle eines chemischen Präparats, die der Verbindung von Traubenzucker mit Chlornatrium*), häufig eine Abänderung in der Ausdehnung der Flächen, welche eine anders aussehende, aber doch noch regelmässige Form zur Folge hat. Diese Krystalle erscheinen manchmal als spitze hexagonale Pyramiden, Fig. 218; oft aber auch sind die abwechselnden (in der Figur mit $+R$ bezeichneten) Flächen vergrössert, wie Fig. 219 zeigt. In letzterer Combination sind die Seitenecken der sechsseitigen Pyramide zu Kanten verzerrt; das zweite hexagonale Prisma, welches an Fig. 218

*) Die Krystalle dieser Verbindung scheinen ihrem äusseren Ansehen nach dem hexagonalen Systeme anzugehören und sind hier noch, als zweckmässige und leicht darzustellende Beispiele für das oben zu Erörternde, als hexagonal mit rhomboëdrischer Hemiëdrie betrachtet. Es ist indessen die Ansicht ausgesprochen worden, dass sie richtiger dem rhombischen Systeme zuzurechnen seien, in welchem einzelne Combinationen grosse Aehnlichkeit mit hexagonalen Formen haben können (vergl. §. 262), und dafür, dass jene Krystalle wirklich rhombische Formen seien, scheint ihr optisches Verhalten zu sprechen.

die Seitenecken abstumpfen würde, stumpft an der veränderten Gestalt die zu Kanten verzerrten Ecken ab, wie Fig. 220 darstellt.

§. 199. Welche hemiëdrische Form durch das Wachsen abwechselnder Flächen der hexagonalen Pyramide bis zum Verschwinden der anderen entsteht, sieht man aus Fig. 42. Die schattirten Flächen zeigen die vorderen Flächen einer solchen Pyramide, die anderen stärkeren Linien die Form, welche entsteht, wenn von diesen Flächen wachsen die mittlere obere und die beiden links und rechts unten. Die letzteren, *afe* und *abc*, wachsen in der Horizontalebene, welche durch die Seitenkanten der Pyramide geht, in den Richtungen *bc* nach *x*, und *fe* nach *x*; sie stossen in *x* zusammen, und da sie auch den Punkt *a* gemeinschaftlich haben, so bildet sich durch ihr Wachsen eine Kante in der Richtung *a* nach *x*. Diese Kante erscheint in der entstehenden hemiëdrischen Form bis dahin sichtbar, wo die Fläche vorn oben, *gce*, bei dem Wachsen auf sie trifft. Diesen Punkt findet man leicht; die Kante zwischen *a* und *x* liegt gerade vorn, gleich weit von *c* und *e* abstehend; die Fläche *gce* wird auf diese Kante treffen, indem sie in der Richtung von *g* durch die Mitte zwischen *c* und *e* wächst, d. h. eine Linie gezogen durch *g* und den Mittelpunkt *d* der Kante *ce*, trifft auf die Kante *ax*, bei *y*, und bestimmt hier den Punkt, wo die drei Flächen der hexagonalen Pyramide, *gce*, *bca* und *efa*, bei dem Wachsen in einem Eck zusammenstossen. — Die wachsende Fläche oben hat mit der wachsenden Fläche unten rechts also den Punkt *y* gemeinschaftlich, und ausserdem auch den Punkt *e*; eine Kante wird zwischen beiden in der Richtung *ye* liegen. Eben so wird eine Kante in der Richtung *yc* zwischen der wachsenden Fläche oben und der links unten sich bilden.

§. 200. Führt man diese Construction für alle wachsenden Flächen ringsum aus, so erhält man als Resultat die Form, welche in Fig. 42 den vorderen Kanten nach angedeutet und in Fig. 391 vollständig dargestellt ist. Man bezeichnet diese Art hemiedrischer Formen der hexagonalen Pyramiden als Rhomboëder.

Insofern die Rhomboëder allgemein als hemiëdrische Formen hexagonaler Pyramiden zu betrachten sind, hätte man sie

danach zu unterscheiden, ob sie aus Pyramiden erster oder zweiter Ordnung sich ableiten. Aber in der Natur finden sich fast nur Rhomboëder, welche die hemiëdrischen Formen von hexagonalen Pyramiden erster Ordnung sind, und nur solche wollen wir in dem Nachstehenden berücksichtigen.

Ausser der Grundform P einer Substanz können auch andere Pyramiden, mP allgemein, in dieser Art hemiëdrisch auftreten. Das Zeichen für die hemiëdrische Grundform wäre eigentlich $\frac{P}{2}$, das für die hemiëdrische Form einer anderen Pyramide wäre $\frac{mP}{2}$; da aber die Rhomboëder sehr häufig und ganz selbstständig vorkommen, so ist für sie noch eine einfachere Bezeichnung wünschenswerth, und man gebraucht R für $\frac{P}{2}$ und mR für $\frac{mP}{2}$. R bezeichnet also die rhomboëdrisch-hemiëdrische Grundform, $2R$ oder $^1/_2R$ bezeichnen rhomboëdrisch-hemiëdrische Formen, welche sich aus hexagonalen Pyramiden mit der 2- oder $^1/_2$mal so langen Hauptaxe ableiten, als die der Pyramide ist, aus welcher man sich das Rhomboëder R entstanden denken kann.

Aus einer jeden hexagonalen Pyramide können ferner zwei §. 201. Rhomboëder entstehen, die sich sonst ganz gleich, aber in der Stellung verschieden sind (sie sind congruente hemiëdrische Formen; vergl. §. 120b). So entsteht aus der Fig. 376 dargestellten Pyramide, wenn von den vorderen Flächen die mittlere oben und die links und rechts unten, sammt den entsprechenden hinteren, wachsen, das Fig. 42 und 391 dargestellte Rhomboëder. Wachsen aber von den vorderen Flächen die links und rechts oben und die mittlere unten, sammt den entsprechenden hinteren, so entsteht ein Rhomboëder in anderer Stellung, wie sie Fig. 225 zeigt. Fig. 126 kann die Stellung der beiden, aus Einer hexagonalen Pyramide entstehenden, Rhomboëder versinnlichen. — Man unterscheidet die zwei aus derselben hexagonalen Pyramide mP sich ableitenden und in verschiedener Stellung befindlichen Rhomboëder als $+mR$ und $-mR$. Bei einem ganz vereinzelt vorkommenden Rhomboëder hat man natürlich kein Zeichen beizufügen; wohl aber muss man dieses, wo die Stellung eines Rhomboëders in Beziehung

auf ein anderes, mit ihm in Combination vorkommendes oder aus ihm durch Spaltung zu erhaltendes, Rhomboëder anzugeben ist. Wir werden hierauf (§. 205) zurückkommen; vorläufig bemerken wir nur, dass wir unter den zwei aus einer hexagonalen Pyramide sich ableitenden Rhomboëdern dasjenige mit + bezeichnen, an welchem sich von oben nach vorn eine Fläche erstreckt (oder welches entstanden ist durch Wachsen der mittleren Pyramidenfläche oben vorn, und der entsprechenden), und welches also in der Stellung ist, wie sie das Rhomboëder Fig. 42 oder 391 oder das (nicht ganz sichtbare) Rhomboëder Fig. 222 besitzt; mit — bezeichnen wir dasjenige Rhomboëder, an welchem sich von oben nach vorn eine Kante erstreckt (oder welches entstanden ist durch Wachsen der mittleren Pyramidenfläche unten vorn, und der entsprechenden), und welches also die Stellung hat, wie die Fig. 390 und 392 dargestellten Rhomboëder. Ueber die Art, die richtige Stellung aufzufinden, werden wir unten (§. 205) handeln.

§. 202. Die Rhomboëder (Fig. 390, 391, 392 oder Mod. 31, 30, 32*) sind begrenzt durch sechs rhombische Flächen. Die 8 Ecken sind zweierlei Art: in 2 Endecken, AA_1, stossen 3 Flächen mit gleichen ebenen Winkeln zusammen, sie sind dreiflächig und gleichkantig; in 6 Ecken, D und D_1, stossen drei Flächen mit zwei gleichen und einem davon verschiedenen ebenen Winkel zusammen, sie sind dreiflächig und ungleichkantig. Erstere Ecken nennt man Endecken, Polecken oder Spitzen, letztere Seitenecken; die Seitenecken liegen nicht in Einer Ebene, sondern drei D dem oberen, drei D_1 dem unteren Endeck näher, und man unterscheidet deshalb, für eine bestimmte Stellung des Rhomboëders, obere und untere Seitenecken. Es ist natürlich ganz willkürlich, welche drei man als obere und welche man als untere betrachtet, d. h. welches Endeck man nach oben richtet.

Die 12 Kanten des Rhomboëders sind zweierlei Art: 6 Endkanten, Axenkanten oder Polkanten AD oder A_1D_1 verbinden je ein Endeck und ein Seiteneck; 6 Seitenkanten DD_1 verbinden je zwei Seitenecken. Die sechs Seitenkanten liegen nicht

*) Diese 3 Modelle zeigen die in den angegebenen Figuren gezeichneten, häufig bei dem Kalkspath vorkommenden Rhomboëder.

in einer Ebene, sondern im Zickzack um das Rhomboëder herum; von den sechs Endkanten verbinden drei das obere Endeck mit den drei oberen Seitenecken, die drei anderen das untere Endeck mit den drei unteren Seitenecken. — Der Winkel, unter welchem sich die Flächen in den Endkanten schneiden (der Endkantenwinkel), und der, unter welchem sie sich in den Seitenkanten schneiden (der Seitenkantenwinkel), ergänzen sich zu 180°.

Die Hauptaxe (vergl. Fig. 42) geht durch die beiden Endecken, die drei Nebenaxen gehen durch die Mittelpunkte je zweier sich paralleler Seitenkanten.

Auf den Flächen des Rhomboëders kann man zweierlei Diagonalen ziehen: solche, welche die Hauptaxe treffen, von einem oberen Endeck zu einem unteren Seiteneck oder umgekehrt, AD_1 oder $A_1 D$ (Fig. 391), und solche, welche zwei obere, oder zwei untere Seitenecken mit einander verbinden, DD oder $D_1 D_1$. Erstere nennt man schiefe oder geneigte, letztere horizontale Diagonalen. Die geneigten Diagonalen repräsentiren die Lage oder Neigung der Rhomboëderflächen gegen die Hauptaxe.

§. 203. Ein Schnitt rechtwinklig auf die Hauptaxe, welcher durch die oberen Seitenecken oder über denselben (oder durch die unteren Seitenecken oder unter denselben) gelegt wird, giebt ein gleichseitiges Dreieck; die zwei Schnitte durch die drei oberen und durch die drei unteren Seitenecken theilen die Hauptaxe in drei gleiche Theile. — Ein Schnitt durch die Mittelpunkte der sechs Seitenkanten und somit auch durch die Mitte der Hauptaxe giebt ein reguläres Sechseck (vergl. Fig. 42).

Linien, welche die Endecken mit den Mittelpunkten der Seitenkanten eines Rhomboëders verbinden (wie *ge*, *gc* u. s. f. in Fig. 42), liegen wie Endkanten einer hexagonalen Pyramide; Linien, welche die Mittelpunkte der Seitenkanten eines Rhomboëders verbinden (wie *ce* in Fig. 42), liegen wie Seitenkanten einer hexagonalen Pyramide.

Ein Schnitt, welcher durch die Hauptaxe eines Rhomboeders, durch zwei Endkanten und zwei schiefe Diagonalen geht, wird ein Hauptschnitt des Rhomboëders genannt. Durch jedes Rhomboëder kann man drei solcher Schnitte legen. Fig. 45 zeigt die Lage eines solchen Schnitts in der perspecti-

vischen Zeichnung, Fig. 46 den Schnitt für sich. Er ist ein Rhomboid, dessen längere Seiten die schiefen Diagonalen des Rhomboëders (und somit die Neigung der Flächen desselben gegen die Hauptaxe) und dessen kürzere Seiten die Endkanten des Rhomboëders (und ihre Lage gegen die Hauptaxe) repräsentiren. Die horizontalen gestrichelten Linien durch D und D_1 zeigen die Schnitte an, welche man rechtwinklig auf die Axe durch die oberen und die unteren Seitenecken legen kann, und welche, wie oben bemerkt, die Hauptaxe in drei gleiche Theile theilen.

§. 204. Die Rhomboëder können spitze oder stumpfe sein, je nachdem die in den Endecken zusammenstossenden ebenen Winkel spitze oder stumpfe sind, oder je nachdem die Flächen in den Endkanten unter einem schärferen oder stumpferen Winkel als 90° zusammenstossen*).

In der Mitte zwischen den spitzen und den stumpfen Rhomboëdern steht eine Form, deren Flächen Quadrate sind und sich unter 90° schneiden, eine Form von denselben Dimensionen wie der Würfel. Der Würfel lässt sich so stellen, dass seine Flächen und Kanten wie die eines Rhomboëders liegen, wenn man nämlich eine seiner Eckenaxen (eine hexaëdrische Axe, §. 85) senkrecht stellt (wie in Fig. 116). Ein wahrer Würfel lässt sich indessen nicht als Rhomboëder betrachten. An dem letzteren sind zweierlei Ecken und zweierlei Kanten; die Endecken können abgespalten werden oder durch Combination abgeändert sein, ohne dass die Seitenecken sich in derselben Weise verhalten, oder die Endkanten können abgestumpft sein, und die Seitenkanten nicht, oder umgekehrt u. s. f. An dem Würfel hingegen sind alle Ecken und alle Kanten gleich; der Veränderung, welche ein Eck oder eine Kante zulässt, unterliegen auch alle anderen. — Man wird hiernach leicht ein Rhomboëder, dessen Endkantenwinkel nahe $= 90°$ ist, in Combinationen von einem Würfel unterscheiden; der Anfänger wird selbst viele andere Unterschiede zwischen Rhomboeder und Würfel leicht auffinden, namentlich nach dem im Folgenden noch Mitzutheilenden. So sind die Abstumpfungen der Endecken des Rhomboëders gleichseitige Dreiecke (§. 213),

*) Fig. 390 und 391 oder Mod. 31 und 30 zeigen stumpfe, Fig. 392 oder Mod. 32 ein spitzes Rhomboëder.

aber die der Seitenecken gleichschenklige Dreiecke (§. 207, 214), während die Abstumpfungen aller sechs Ecken am Würfel gleicher Art, gleichseitige Dreiecke, sind (§. 63)*).

Andere Verwechslungen der Rhomboëder können namentlich noch dadurch veranlasst werden, dass sie in der Richtung von vier parallelen Kanten verkürzt oder verlängert sind, wodurch die Flächen nicht mehr Rhomben sind, und die Krystalle selbst das Ansehen von Tafeln oder Säulen mit rhombischem Querschnitt erhalten (bezüglich dieser Verwechslungen vergl. namentlich §. 311 und 325). So wurde früher das kohlensaure Eisenoxydul für dimorph gehalten, weil es in Rhomboëdern und in rhombischen Säulen krystallisire, und dem Vorkommen in letzterer Form der Name Junkerit beigelegt; die anscheinende rhombische Säule ist aber ein verzerrtes Rhomboëder.

In dem Würfel ist das Längenverhältniss einer Eckenaxe zu einer Kantenaxe, d. h. der Hauptaxe zu einer Nebenaxe bei rhomboëdrischer Stellung, wie $1 : \sqrt{\frac{3}{2}} = 1 : 1{,}2247$. Rhomboëder von kleinerer Hauptaxe als 1,2247 sind also stumpfe, und die mit grösserer sind spitze. Die Grösse der Hauptaxe wird aus der Messung des Endkanten- oder des Seitenkantenwinkels mittelst der unten (§. 234) mitzutheilenden Formeln abgeleitet.

§. 205. An Krystallen derselben Substanz kommen oft verschiedene Rhomboëder vor; man nimmt eins derselben als Grundform an, und zwar dasjenige, parallel dessen Flächen die vollkommenste Spaltbarkeit stattfindet, oder, wo dieser Anhaltspunkt fehlt, dasjenige, auf welches sich die anderen vorkommenden Formen am einfachsten beziehen lassen. Es leiten hierbei

*) Die Krystalle des Wismuths sind Rhomboëder, welche einem Würfel sehr ähnlich sehen (ihre Endkanten messen 87°40′, ihre Seitenkanten 92°20′) und lange Zeit für Würfel gehalten wurden; alle 8 Ecken dieser Rhomboëder lassen sich leicht durch Spaltungsflächen ersetzen (diese betrachtete man früher als dem Oktaëder angehörig). Aber von diesen 8 Spaltungsflächen sind 2 sich parallele vollkommner hervorzubringen und glänzender, als die 6 anderen, und schon hiernach ergiebt sich, dass sie nicht alle derselben einfachen Form angehören können; die vollkommneren und glänzenderen Spaltungsflächen gehören der basischen Endfläche $0R$ (§. 212) an, die weniger vollkommen hervorzubringenden dem ersten spitzeren Rhomboëder $-2R$ (§. 209).

ähnliche Rücksichten, wie bei der Wahl der Grundform unter mehreren quadratischen oder hexagonalen Pyramiden. — An Krystallen, wo sich nur Ein Rhomboëder vorfindet, wird dieses natürlich als Grundform betrachtet, ausgenommen, wenn durch Spaltung Flächen eines anderen Rhomboëders hervorgebracht werden können; in diesem Fall nimmt man meistens das letztere als Grundform. So betrachtet man als Grundform des Kalkspaths ein Rhomboëder von 105°5′ Endkantenwinkel, obgleich dasselbe verhältnissmässig selten und untergeordneter auftritt, während andere Rhomboëder häufiger und selbstständig sich an Kalkspathkrystallen zeigen; aber die Flächen jenes Rhomboëders sind an jedem Kalkspathkrystall sehr leicht durch Spaltung hervorzubringen, so dass die Annahme desselben als Grundform für die Bestimmung eines solchen Krystalls von grossem Vortheil ist; abgesehen davon, dass alle vorkommenden anderen Formen bezüglich ihrer Axendimensionen gerade zu diesem durch Spaltung zu erhaltenden Rhomboëder in den einfachsten Verhältnissen stehen. — Das als Grundform angenommene Rhomboëder, das Hauptrhomboëder, wird mit $+R$ oder R schlechtweg bezeichnet.

Eine jede mit Rhomboëderflächen versehene Krystallform stellen wir nun so, dass eine der Flächen des Hauptrhomboëders sich in der Richtung von oben nach vorn erstreckt; dann liegt eine Endkante desselben in der Richtung von unten nach vorn. Die anderen Rhomboëder, welche nun noch vorkommen, sind zweierlei Art: solche nämlich, deren Flächen eine ähnliche Lage wie die des Hauptrhomboëders haben (d. h. die bei der angegebenen Stellung des Krystalls eine Fläche in der Richtung von oben nach vorn und eine Endkante in der Richtung von unten nach vorn liegen haben), und solche, deren Flächen eine entgegengesetzte Lage haben, wie die des Hauptrhomboëders (wo nämlich eine Fläche in der Richtung von unten nach vorn und eine Endkante in der Richtung von oben nach vorn liegt). Erstere bezeichnet man als $+$Rhomboëder oder Rhomboëder erster Ordnung, letztere als $-$Rhomboëder oder Rhomboëder zweiter Ordnung (vergl. §. 201).

§. 206. In Fig. 226, einer Form des Kalkspaths, sind die Flächen der Grundform $+R$ daran kenntlich, dass parallel ihnen Spaltbarkeit stattfindet, und dass sie Endkantenwinkel von 105°5′

bilden. Sie sind hier combinirt mit einem spitzeren Rhomboeder, welches offenbar gleicher Ordnung ist, denn jede obere Fläche desselben liegt gerade unter einer oberen Fläche des Hauptrhomboëders. Man würde also dieses spitzere Rhomboëder als $+mR$ (wo $m>1$) bezeichnen, um diese gleiche Ordnung auszudrücken; aus einer Winkelmessung liesse sich ableiten, dass es $+4R$ wäre.

In Fig 228 werden die Flächen der Grundform R auf dieselbe Weise erkannt, aber sie sind hier combinirt mit einem anderen Rhomboëder, dessen Endkanten in der ungefähren Richtung der Flächen des Hauptrhomboëders liegen. Die oberen Flächen von R liegen nicht unter den oberen Flächen, sondern unter den oberen Endkanten von $^1/_2R$; dieses Rhomboëder ist also entgegengesetzter Ordnung als das Hauptrhomboëder (es ist $-^1/_2R$).

Die Rhomboëder erster Ordnung, oder gleicher Ordnung §. 207.
mit dem Hauptrhomboëder, haben allgemein das Zeichen $+mR$, wo m grösser oder kleiner als 1 sein kann, je nachdem ein spitzeres oder ein stumpferes Rhomboëder als die Grundform zu bezeichnen ist. Der Werth von m steht immer zu 1 in einem einfachen und rationalen Verhältniss. So kommen an dem Kalkspath ausser $+R$ auch $+4R$ und $+^1/_4R$ vor; $+R$ ist ein Rhomboëder, worin die Hauptaxe 0,8543 mal so gross, als eine Nebenaxe; bei $+4R$ ist die Hauptaxe 3,4172- und bei $+^1/_4R$ 0,2136 mal so gross, als eine Nebenaxe; die Flächen aller drei Rhomboëder liegen ähnlich, bei Combination alle über einander.

An einem Rhomboëder bringt ein stumpferes Rhomboëder gleicher Ordnung bei untergeordnetem Auftreten eine Zuspitzung der Endecken hervor; so $+R$ an $+4R$ in Fig. 226. An einem Rhomboëder bringt ein untergeordneteres spitzeres Rhomboeder gleicher Ordnung Abstumpfungen der Seitenecken hervor, welche auf den Endkanten des vorherrschenden Rhomboëders gerade aufgesetzt und gleichschenklige Dreiecke sind. Die unteren Flächen des spitzeren Rhomboëders stumpfen dann die oberen Seitenecken des vorherrschenden ab und sind auf den oberen Endkanten desselben gerade aufgesetzt, und umgekehrt. Fig. 227 zeigt eine Combination der beiden in Fig. 390 und 392

dargestellten Rhomboëder $-\frac{1}{2}R$ und $-2R$ des Kalkspaths, wobei das erstere vorherrscht.

§. 208. Unter den Combinationen von Rhomboëdern entgegengesetzter Ordnung ist zunächst diejenige zu betrachten, welche durch die zwei Rhomboëder gebildet wird, die aus derselben hexagonalen Pyramide sich ableiten. Das Hauptrhomboëder $+R$ kommt zuweilen combinirt vor mit $-R$, einem ganz gleichen Rhomboëder in entgegengesetzter Stellung, welches als das Gegenrhomboëder des Hauptrhomboëders bezeichnet wird. Diese zwei Gestalten im Gleichgewicht combinirt erscheinen als hexagonale Pyramide, aber die Flächen derselben sind krystallographisch nicht gleich, insofern z. B. parallel denjenigen, welche zu $+R$ gehören, Spaltbarkeit stattfinden kann, ohne dass sich diese auch parallel den Flächen von $-R$ zeigt, oder insofern die Flächen von $+R$ durch Combination in anderer Weise verändert werden, als die von $-R$ u. s. f. Die am Quarz als hexagonale Pyramide erscheinenden, Fig. 205 (in Combination mit ∞P) mit P bezeichneten, Flächen gehören eigentlich zwei entgegengesetzten Rhomboëdern an, so dass sie als $+R$ und $-R$ zu unterscheiden sind. Der rhomboëdrische Charakter dieser Krystallform ist wenig sichtbar, wo $+R$ und $-R$ im Gleichgewicht auftreten, wie in Fig. 205 und 208, oder wo abnorme Verzerrung statthat (Fig. 206); aber er zeigt sich deutlich an den Krystallen, wo die Flächen des Hauptrhomboëders $+R$ bedeutend grösser erscheinen als die des Gegenrhomboëders $-R$ (Fig. 207), oder wo die Combinationskanten zwischen $+R$ und dem ersten hexagonalen Prisma durch Flächen eines spitzeren Rhomboëders, $+3R$, abgestumpft sind, die Combinationskanten zwischen $-R$ und dem Prisma aber nicht (Fig. 210). Das Hauptrhomboëder an dem Quarz ist daran kenntlich, dass seine Flächen im Allgemeinen vorherrschender ausgebildet sind, als die von $-R$, oder an dem Auftreten der eben besprochenen Flächen von $+3R$; noch andere Rhomboeder theils erster, theils zweiter Ordnung kommen vor, die Kanten zwischen $+R$ und dem Prisma oder zwischen $-R$ und dem Prisma abstumpfend, und können als Anhaltspunkte zur Ermittelung dienen, welche Flächen der als $+R$ angenommenen Grundform angehören (hinsichtlich noch eines oft anwendbaren Merkmals vergl. §. 229). — Ebenso zeigt sich an der Verbindung

von Traubenzucker und Chlornatrium, deren Krystalle manchmal ganz das Ansehen einer hexagonalen Pyramide (Fig. 218) haben, der hemiëdrische Habitus deutlich daran, dass oft die abwechselnden Flächen regelmässig grösser sind, als die zwischenliegenden (Fig. 219), und dass auf die grösseren, in den Figuren als $+R$ bezeichneten, manchmal kleine Zuspitzungsflächen (die Flächen w in Fig. 221) aufgesetzt sind, die einem stumpferen Rhomboëder gleicher Ordnung ($+\frac{1}{2}R$) angehören.

§. 209. Das Hauptrhomboëder kommt weiter häufig vor in Combination mit zwei Rhomboëdern entgegengesetzter Ordnung. Die Flächen des einen (oder die schiefen Diagonalen auf denselben) haben gleiche Lage und Neigung gegen die Hauptaxe, wie die Endkanten des Hauptrhomboëders, und stumpfen diese bei Combination gerade ab; sie gehören dem ersten stumpferen Rhomboëder des Hauptrhomboëders an. Die Endkanten des anderen haben gleiche Lage und Neigung gegen die Hauptaxe, wie die Flächen (oder die schiefen Diagonalen auf denselben) des Hauptrhomboëders, und werden durch die letzteren gerade abgestumpft; sie gehören zu dem ersten spitzeren Rhomboëder des Hauptrhomboëders. Allgemein nennt man erstes stumpferes Rhomboëder eines bestimmten Rhomboëders dasjenige, dessen Flächen die Endkanten des letzteren gerade abstumpfen; und erstes spitzeres dasjenige, dessen Endkanten durch die Flächen des letzteren gerade abgestumpft werden*).

Die Axenverhältnisse irgend eines Rhomboëders und des zu ihm gehörigen ersten stumpferen oder spitzeren Rhomboëders stehen in einem sehr einfachen Zusammenhange. Die punktirten Linien in Fig. 44 bedeuten die drei Nebenaxen des hexagonalen Systems, eine in ihren Kreuzungspunkt gesteckte Nadel, deren oberes Ende c heisse, die Hauptaxe. Die Flächen einer hexagonalen Pyramide liegen in der Richtung $c:a:a:\infty a$; wachsen drei abwechselnde derselben, so liegen die Endkanten des so entstehenden Rhomboëders in der Richtung $c:b$, $c:d$ und $c:f$. Flächen, welche in der Richtung dieser

*) Fig. 391 oder Mod. 30 zeigt das Hauptrhomboëder des Kalkspaths; Fig. 390 oder Mod. 31 das erste stumpfere, Fig. 392 oder Mod. 32 das erste spitzere zu demselben.

Endkanten liegen, schneiden die Axen in der Richtung $2a:2a:\infty a:c$ oder, was dasselbe ist, in der Richtung $a:a:\infty a:\frac{1}{2}c$. Diese letzteren Flächen (in Fig. 44 nur theilweise durch die ausgezogenen Linien des grösseren Sechsecks angedeutet) gehören zu einem Rhomboëder anderer Ordnung, als dasjenige ist, mit dessen Endkanten sie gleiche Lage haben; wird letzteres als $+R$ bezeichnet, so ist ersteres $-\frac{1}{2}R$. Ganz allgemein ist für jedes Rhomboëder dasjenige erstes stumpferes, welches das entgegengesetzte Zeichen und eine halb so grosse Hauptaxe hat ($-\frac{1}{2}mR$ ist erstes stumpferes für $+mR$, $+\frac{1}{2}mR$ für $-mR$); und ebenso sieht man leicht, dass für jedes Rhomboëder dasjenige erstes spitzeres ist, welches das entgegengesetzte Zeichen und eine doppelt so lange Hauptaxe hat ($-2mR$ ist erstes spitzeres für $+mR$, $+2mR$ für $-mR$).

Fig. 47 zeigt die Hauptschnitte des Hauptrhomboëders des Kalkspaths (ADA_1D_1) und des ersten stumpferen und des ersten spitzeren Rhomboëders zu demselben. AD repräsentirt die Lage der Endkanten des Hauptrhomboëders $+R$ und zugleich die Lage der schiefen Diagonalen des ersten stumpferen Rhomboeders $-\frac{1}{2}R$; d. h. diese schiefen Diagonalen auf den Flächen von $-\frac{1}{2}R$ liegen gerade so gegen die Hauptaxe, wie die Endkanten des Hauptrhomboëders. AD_1 repräsentirt die Lage der schiefen Diagonalen des Hauptrhomboëders $+R$ und zugleich die Lage der Endkanten des ersten spitzeren Rhomboeders $-2R$; d. h. diese Endkanten von $-2R$ liegen gerade so gegen die Hauptaxe, wie die schiefen Diagonalen auf den Flächen von $+R$.

§. 210. Die Art, wie $-\frac{1}{2}R$ und $-2R$ sich mit dem Hauptrhomboëder $+R$ combiniren, lässt dieselben oft leicht in Combinationen erkennen. Die Flächen von $-\frac{1}{2}R$ stumpfen gerade ab die Endkanten von $+R$; die Flächen von $+R$ stumpfen gerade ab die Endkanten von $-2R$. Herrschen in der Combination von $+R$ und $-2R$ die Flächen des ersteren vor, so erscheinen die Flächen von $-2R$ als Abstumpfungen der Seitenecken von $+R$, wo die Combinationskanten den schiefen Diagonalen von $+R$ parallel sind. Fig. 249 zeigt eine bei dem Chabasit vorkommende Combination des Hauptrhomboëders $+R$ mit dem ersten stumpferen und dem ersten spitzeren; die Combinationskanten zwischen $+R$ und $-\frac{1}{2}R$ sind den Endkanten

von $+R$, die Combinationskanten zwischen $+R$ und $-2R$ den schiefen Diagonalen der Flächen von $+R$ parallel.

Der Kalkspath kommt zuweilen vor in einer Form, wie Fig. 390 zeigt; durch Spaltung kann man an dieser Form leicht die Flächen $+R$ hervorbringen, so dass sie wie Fig. 228 aussieht (auch diese Combination findet sich natürlich); die Flächen der ersteren Form erscheinen jetzt als gerade Abstumpfungen der Endkanten von $+R$, und sind also $-\frac{1}{2}R$.

Der Kalkspath ist auch oft wie Fig. 392 krystallisirt; man kann parallel den Endkanten dieses spitzen Rhomboëders spalten, so dass eine Combination wie Fig. 229 entsteht; die Flächen des ursprünglichen Krystalls sind hierdurch als $-2R$ bestimmt.

(Hinsichtlich einer anderen Form, welche der Combination eines Rhomboëders mit seinem ersten stumpferen ähnlich sein kann, vergl. §. 325.)

Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich, dass die bei dem §. 211. Kalkspath vorkommenden Rhomboëder in sehr einfachen Axenverhältnissen stehen. Es wurde besprochen das Vorkommen von

	Hauptaxe	die Flächen schneiden sich in den Endkanten unter	in den Seitenkanten unter
$+\frac{1}{4}R$	0,2136	156°2′	23°58′
$-\frac{1}{2}R$	0,4271	134°57′	45°3′
$+R$	0,8543	105°5′	74°55′
$-2R$	1,7086	78°51′	101°9′
$+4R$	3,4172	65°50′	114°10′.

Jedes dieser Rhomboëder ist erstes spitzeres für das ihm zunächst vorherstehende, jedes ist erstes stumpferes für das ihm zunächst folgende.

Ausser diesen Rhomboëdern kommen bei dem Kalkspath noch andere vor; $-8R$ z. B. mit dem Endkantenwinkel 61°33′ und dem Seitenkantenwinkel 118°23′, und noch spitzere, von nur schwierig genau zu bestimmenden Dimensionen. Die Unterschiede der Winkel an den Rhomboëdern sind nämlich um so kleiner, um je grösser die Hauptaxe ist; so hat $13R$ einen Endkantenwinkel von 60°36′ und einen Seitenkantenwinkel von 119°24′, $14R$ einen Endkantenwinkel von 60°31′ und einen Seitenkantenwinkel von 119°29′, $16R$ einen Endkantenwinkel von 60°20′ und einen Seitenkantenwinkel von 119°40′; wo die Flächen sich schlecht

zur Messung eignen, uneben und matt sind, kann man die Axenverhältnisse eines Rhomboëders mit so grosser Hauptaxe nicht mit Sicherheit bestimmen. Ein sehr spitzes Rhomboëder findet sich manchmal am Kalkspath, in Combination mit $^1/_2 R$; seine ungefähren Dimensionen sind etwa so wie Fig. 224 in den feineren Linien darstellt. Von diesem sehr spitzen Rhomboëder erscheint nur ein durch die stärkeren Linien kenntlich gemachtes Stück zwischen den oberen und den unteren Seitenecken; dieses Stück hat fast das Ansehen eines sechsseitigen Prisma's, unterscheidet sich aber davon dadurch, dass die anscheinenden Prismakanten nicht parallel sind. Die Flächen von $-\,^1/_2 R$ (welche leicht zu erkennen sind, weil man $+R$ in Combination mit ihnen durch Spaltung hervorbringen kann) sind auf den schmäleren Enden der Flächen dieses spitzen Rhomboëders aufgesetzt, und bestimmen so dasselbe als eins von gleicher Ordnung mit dem Hauptrhomboëder; wäre es nämlich gleicher Ordnung mit $-\,^1/_2 R$, so würden die Flächen des letzteren auf den breiteren Enden der Flächen des spitzen Rhomboëders aufgesetzt sein, wie die Betrachtung von Fig. 224 leicht ergiebt. Fig. 231 stellt die Combination dieses sehr spitzen Rhomboëders mit $-\,^1/_2 R$ vergrössert vor.

§. 212. An den Krystallen einer Substanz können sich nicht nur die Rhomboëder vorfinden, welche zu dem Hauptrhomboëder in so einfachen Verhältnissen stehen und mit ihm eine so einfache Reihe bilden, wie §. 211 für den Kalkspath angegeben wurde, sondern auch Rhomboëder ausserhalb dieser Reihe kommen, wenn schon seltener, vor. So finden sich namentlich an dem Kalkspath manchmal die Rhomboëder $-5R$, $+\,^5/_2 R$, $-\,^5/_4 R$ (welche also unter sich wieder eine regelmässige Reihe bilden), $-\,^3/_2 R$, $-\,^4/_5 R$ u. a.

Ausser dem Hauptrhomboëder $+R$ können also bei einer Substanz vorkommen das Gegenrhomboëder $-R$, und stumpfere und spitzere Rhomboëder erster und zweiter Ordnung: $\pm mR$ allgemein, wo m grösser oder kleiner als 1 sein kann. Das ist in dem Schema Tafel XX. (Fig. 389—393) ausgedrückt, wo für $\pm mR$ (wo $m>1$) $-2R$ und für $\pm mR$ (wo $m<1$) $-\,^1/_2 R$ als einzelnes Beispiel gezeichnet ist. $\pm mR$ ist das allgemeine Zeichen für irgend ein Rhomboëder, gleichviel ob erster oder zweiter Ordnung.

Um je kleiner die Hauptaxe eines Rhomboëders ist, um so mehr fallen die sechs Seitenkanten desselben in Eine Ebene zusammen; denken wir uns die Hauptaxe auf 0 verkürzt, so tritt dies wirklich ein, das Rhomboëder geht über in die Endfläche. Wir bezeichneten diese früher (§. 187) mit $0P$; wo sie sich aber mit Rhomboëdern in Combination findet, schreibt man ihr Zeichen so, dass es die Grenze des Stumpferwerdens der Rhomboëder ausdrückt, nämlich $0R$.

Die Endfläche stumpft an einem Rhomboëder die Endecken ab; wenn sie über den oberen oder unter den unteren Seitenecken auftritt, so erscheint sie als ein gleichseitiges Dreieck; so in der Combination $R.0R$ des Ferrocyankaliumbáryums (Cyaneisenbaryumkaliums, Fig. 222). — Sind die Endflächen so vorherrschend, dass sie gerade durch die oberen und durch die unteren Seitenecken gehen, so erscheint die Combination begrenzt durch 8 Dreiecke, wovon 2 ($0R$) gleichseitige und 6 (die Reste von R) gleichschenklige Dreiecke sind, ebenso wie der Winkel an den Kanten zwischen zwei Flächen R ein anderer ist, als der an den Kanten zwischen R und $0R$. Es unterscheiden diese Merkmale diese Combination von dem regulären Oktaëder, mit welchem sie verwechselt werden könnte; das Regulär-oktaëder selbst könnte man als eine rhomboëdrische Combination $R.0R$ betrachten (in der Stellung wie Fig. 114 zeigt, wo aber das Rhomboëder in der Stellung eines von zweiter Ordnung gezeichnet ist), wenn nicht die Gleichartigkeit aller Flächen und aller Kanten den regulären Charakter darthäte. §. 213.

Herrschen die Flächen $0R$ noch mehr vor, so dass sie zwischen den Seitenecken des Rhomboëders dasselbe durchschneiden, so entsteht eine tafelförmige Krystallform, wie Fig. 248 (eine Form des Eisenoxyds) zeigt, wo die Combination $0R.R$ mit stärkeren Linien, das vollständige Rhomboëder R mit schwächeren dargestellt ist. Es unterscheidet sich diese Combination $0R.R$ leicht von der $0P.\infty P$, obgleich beide eine sechsseitige Tafel im Allgemeinen bilden; bei der letzteren sind die an den Seiten der Tafel befindlichen Kanten parallel, bei der ersteren nicht. (Ueber andere ähnliche Formen vergl. §. 194.)

Fig. 223 zeigt eine Combination $+R.-2R.0R$, wie sie

an dem Ferrocyanammonium-Chlorammonium (Cyaneisenammonium-Chlorammonium) vorkommt. — $2R$ wird daran erkannt, weil seine Flächen die Seitenecken von $+R$ so abstumpfen, dass die Combinationskanten den schiefen Diagonalen der Flächen $+R$ parallel sind (vergl. §. 210).

§. 214. Je grösser die Hauptaxe eines Rhomboëders ist, um so näher liegen seine Seitenkanten in derselben Richtung wie die Hauptaxe, oder ihr parallel, und um so näher ist der Seitenkantenwinkel $= 120^0$, d. h. gleich dem Winkel, welchen die Flächen eines hexagonalen Prisma's mit einander machen. Letzteres sahen wir schon §. 211, wo von den spitzeren Rhomboëdern des Kalkspaths und ihren Seitenkantenwinkeln die Rede war. — Für den Fall, dass die Hauptaxe eines Rhomboeders unendlich lang gedacht wird, werden nun wirklich seine Flächen und Seitenkanten der Hauptaxe parallel; und es geht über in das erste hexagonale Prisma, dessen Zeichen wir, in Combination mit holoëdrischen Formen, ∞P schrieben, aber in der Combination mit Rhomboëdern durch ∞R ausdrücken. $0R$ und ∞R sind also die Grenzen für das Stumpfer- und Spitzerwerden der Rhomboëder, welche von einem Hauptrhomboëder ausgehend existiren können (vergl. Tafel XX. Fig. 389 bis 393).

An einem vorherrschenden Rhomboëder, gleichviel ob erster oder zweiter Ordnung, erscheinen die Flächen des ersten hexagonalen Prisma's ∞R als Abstumpfungen der Seitenecken; man sieht dies leicht an Fig. 42, wenn man sich durch *bc*, *ce*, *ef* Flächen gelegt denkt, welche der Hauptaxe parallel sind. An einem vorherrschenden ersten hexagonalen Prisma ∞R erscheinen die Flächen eines Rhomboëders, gleichviel ob erster oder zweiter Ordnung, als dreiflächige Zuspitzungen der Enden des Prisma's; die Zuspitzungsflächen sind abwechselnd nach oben und nach unten auf den Prismaflächen gerade aufgesetzt. Dies zeigt Fig. 207, eine Form des Quarzes, die Combination des Prisma's ∞R mit dem Hauptrhomboëder $+R$ und dem untergeordnet auftretenden Gegenrhomboëder $-R$; ebenso Fig. 232, eine häufige Form des Kalkspaths, wo ∞R mit $-\frac{1}{2}R$ combinirt ist (letzteres wird auf die Art erkannt, dass sich Flächen des Hauptrhomboëders $+R$ so durch Spaltung daran hervorbringen lassen, wie §. 210 besprochen wurde und Fig. 228

ersehen lässt*). Ist eine solche Combination ungefähr so lang als dick, so kann sie eine entfernte Aehnlichkeit mit dem Pentagonaldodekaëder des regulären Systems haben, insofern beide durch 12 Fünfecke begrenzt sind. Doch ist eine Verwechselung nicht gut möglich; die Combination $\pm mR . \infty R$ hat sechs in Einer Zone liegende fünfeckige Flächen (die zu ∞R gehörigen), von denen jede zwei parallele Seiten hat, und die anderen sechs (drei oben, drei unten) Fünfecke (die zu dem Rhomboëder gehören) haben keine parallele Seiten; das Pentagonaldodekaeder hingegen hat 12 unter sich ganz gleichartige und keine parallele Seiten besitzende Flächen. Andere Unterschiede, was die Verschiedenheit der Kanten und Ecken u. s. w. betrifft, wird der Anfänger selbst leicht auffinden.

§. 215. Das zweite hexagonale Prisma $\infty P2$ stumpft an einem Rhomboëder (gleichviel ob erster oder zweiter Ordnung) die Seitenkanten ab. Es geht dies einfach daraus hervor, dass ja dieses Prisma die Seitenecken einer hexagonalen Pyramide erster Ordnung abstumpft (vergl. §. 193), und dass die Seitenkanten der Rhomboëder, welche aus solchen Pyramiden entstehen, gewissermassen nur verzerrte Seitenecken der letzteren sind. Fig. 218 zeigt zwei entgegengesetzte Rhomboëder, welche zusammen die Form einer hexagonalen Pyramide bilden, Fig. 219 das eine Rhomboëder vorwaltend, so dass die Seitenkanten desselben sichtbar sind; es werden diese durch $\infty P2$ abgestumpft, wie Fig. 220 zeigt (es stellt diese wie die anderen genannten Zeichnungen eine Form der Verbindung von Traubenzucker und Chlornatrium vor; vergl. die Anmerkung S. 179).— An einem vorherrschenden zweiten Prisma $\infty P2$ erscheinen die Flächen eines Rhomboëders als dreiflächige Zuspitzungen an den Enden des Prisma's; die Zuspitzungsflächen sind auf den Prismakanten abwechselnd nach oben und nach unten gerade aufgesetzt**). Fig. 230 zeigt die gewöhnlichste Form, in welcher der Dioptas krystallisirt ist: eine Combination des zweiten hexagonalen Prisma's mit einem Rhomboëder; dass dieses Rhomboëder $-2R$ ist, erkennt man leicht daraus, dass

*) Mod. 33 zeigt diese Combination des Kalkspaths: $-\frac{1}{2}R$ (das Mod. 31 dargestellte Rhomboëder) mit ∞R.

**) Mod. 34 zeigt das durch Mod. 30 dargestellte Rhomboëder in Combination mit $\infty P2$.

parallel den Kanten desselben sich Flächen (welche also die des Hauptrhomboëders sind) durch Spaltung hervorbringen lassen, in der Art, wie es Fig. 229 zeigt. — Die Combination $\pm mR . \infty P2$ kann übrigens Aehnlichkeit mit dem Rhombendodekaëder des regulären Systems haben und damit verwechselt werden; wenn man nämlich letzterem die Stellung wie in Fig. 124 giebt, so haben seine Flächen eine dieser rhomboëdrischen Combination entsprechende Lage. Die Unterscheidung beruht einfach darauf, dass an dem Rhombendodekaëder alle Flächen gleichartig (an der idealen Form alle Rhomben) sind, während an der Combination $\pm mR . \infty P2$ sich zweierlei Flächen (an der idealen Form sind sechs Rhomben, welche zu $\pm mR$ gehören, und sechs Rhomboide, welche zu $\infty P2$ gehören) vorfinden; dass an dem Rhombendodekaëder alle Kanten gleichartig sind, an der Combination $\pm mR . \infty P2$ aber dreierlei Kanten sich finden; dass an dem Rhombendodekaëder die Flächen in allen Kanten unter 120° zusammenstossen, in der genannten Combination aber dieser Winkel sich nur an den Kanten zwischen je zwei Flächen von $\infty P2$ vorfindet u. s. w. (hinsichtlich einer anderen ähnlichen Form vergl. §. 328).

§. 216. Nur wenige Substanzen zeigen Combinationen von Rhomboëdern (die aus hexagonalen Pyramiden erster Ordnung abzuleiten sind) mit hexagonalen Pyramiden zweiter Ordnung; so Eisenoxyd (Eisenglanz) und Thonerde (Korund). Fig. 246 zeigt eine Combination des ersteren: eine hexagonale Pyramide, deren abwechselnde Endkanten gerade abgestumpft sind. Man betrachtet die Abstumpfungsflächen als der Grundform angehörig, weil parallel ihnen einige Spaltbarkeit stattfindet, aber nicht parallel den Flächen der hexagonalen Pyramide. Letztere bestimmt sich jetzt leicht; die Flächen von R oder $\frac{P}{2}$ stumpfen die Endkanten der hexagonalen Pyramide $^4/_3 P2$ gerade ab (vergl. §. 189). In Fig. 246 sind ausserdem noch die Endecken durch Flächen von $^1/_4 R$ zugespitzt.

In ähnlicher Weise bestimmt sich die Fig. 247 dargestellte Combination des Korunds (dieselbe Form wurde an dem Chromoxyd beobachtet). Die (wenn auch unvollkommene) Spaltbarkeit parallel den Flächen von R lässt diese als Grundform be-

trachten; hiernach ist das Prisma als $\infty P2$ zu bezeichnen, und die Abstumpfungsflächen der Kanten zwischen dem Prisma und der Endfläche $0R$ als eine hexagonale Pyramide $mP2$ im Allgemeinen. Letztere wird leicht specieller als $^4/_3P2$ erkannt, da ihre Endkanten abwechselnd durch die Flächen der Grundform gerade abgestumpft sind.

---

§. 217. Nächst den hemiëdrischen Formen der hexagonalen Pyramiden, den Rhomboëdern, hat eine Art hemiëdrischer Formen der symmetrisch-zwölfseitigen Pyramiden ihres häufigen Vorkommens wegen besondere Wichtigkeit.

Fig. 43 zeigt die (schattirten) vorderen Flächen einer symmetrisch-zwölfseitigen Pyramide, $3P^3/_2$ in Beziehung auf die hexagonale Pyramide P, aus welcher man sich das Hauptrhomboëder des Kalkspaths entstanden denken kann (Fig. 42 zeigt diese hexagonale Pyramide und dieses Hauptrhomboëder). An jeder symmetrisch-zwölfseitigen Pyramide sind zweierlei Endkanten (vergl. §. 190); denkt man sich nun die Flächenpaare, deren jedes zu beiden Seiten einer Art von Endkanten liegt, abwechselnd wachsend und verschwindend (in Fig. 43 sind die wachsenden Flächen mit +, die verschwindenden mit — bezeichnet), so entsteht eine geschlossene hemiëdrische Gestalt, die in Fig. 43 nach den vorderen Kanten, in Fig. 233 und Mod. 35 vollständig dargestellt ist. Die speciellere Angabe, wie diese Form von einer gegebenen symmetrisch-zwölfseitigen Pyramide aus gezeichnet wird, können wir unterlassen, da dieses in ganz ähnlicher Art geschieht, wie sie bei der Zeichnung der Rhomboëder dargelegt wurde, und da zudem weiter unten (§. 221) eine einfachere Ableitung und Zeichnung dieser neuen hemiëdrischen Form besprochen wird.

§. 218. Man bezeichnet diese Form als Scalenoëder (auch als ungleichkantige sechsseitige Pyramiden, Drei- und Dreikantner, Bipyramiden). Jedes Scalenoëder ist durch 12 ungleichseitige Dreiecke begrenzt. Seine 8 Ecken sind zweierlei Art: 2 Endecken A, A_1 (Fig. 233) sind sechsflächig und symmetrisch ungleichkantig; 6 Seitenecken D, D_1 sind vierflächig und ungleichkantig. Die Seitenecken liegen nicht in einer Ebene, sondern man hat, wie bei den Rhomboëdern (§. 202), drei obere D und

drei untere D_1 zu unterscheiden. — Die 18 Kanten sind dreierlei Art: 6 Seitenkanten DD_1 verbinden je zwei Seitenecken und liegen im Zickzack, wie die Seitenkanten eines Rhomboëders; sechs kürzere und schärfere Endkanten AD, A_1D_1 verbinden das obere Endeck mit den oberen Seitenecken und das untere Endeck mit den unteren Seitenecken; sechs längere und stumpfere Endkanten AD_1, A_1D verbinden das obere Endeck mit den unteren und das untere Endeck mit den oberen Seitenecken.

Die Hauptaxe verbindet die zwei Endecken; die Nebenaxen verbinden die Mittelpunkte je zweier paralleler Seitenkanten.

Ein Schnitt rechtwinklig auf die Hauptaxe, durch die oberen Seitenecken oder über denselben (oder durch die unteren Seitenecken oder unter denselben) giebt ein symmetrisches Sechseck, für das Fig. 233 oder Mod. 35 dargestellte Scalenoëder ein solches wie Fig. 48 zeigt. Ein Schnitt rechtwinklig auf die Hauptaxe, welcher gleichweit von den beiden Endecken absteht, giebt ein symmetrisches Zwölfeck; für das eben genannte Scalenoëder ist dieses das Fig. 41 gezeichnete (den vorderen Theil dieses Schnitts zeigt Fig. 43 in perspectivischer Ansicht).

Ein Schnitt durch zwei sich parallele schärfere und zwei stumpfere Endkanten heisst ein Hauptschnitt des Scalenoëders; Fig. 49 zeigt denselben (AD_1A_1D) für das mehrgenannte. Er ist ein Rhomboid, dessen längere Seiten die Lage der stumpferen und dessen kürzere Seiten die Lage der schärferen Endkanten gegen die Hauptaxe repräsentiren.

§. 219. Aus jeder symmetrisch-zwölfseitigen Pyramide können zwei sich sonst ganz gleiche, aber der Stellung nach verschiedene Scalenoëder entstehen, welche, wie die Rhomboëder, congruente hemiëdrische Formen sind. So zeigt Fig. 43 eins, an welchem eine stumpfere oder längere Endkante in der Richtung von oben nach vorn liegt; wären die mit — bezeichneten Flächen der symmetrisch-zwölfseitigen Pyramide gewachsen, und die mit + bezeichneten verschwunden, so würde ein gleiches Scalenoëder, aber in solcher Stellung entstanden sein, dass es eine schärfere oder kürzere Endkante in der Richtung von oben nach vorn zeigte. Die zwei Scalenoëder, die so aus einer symmetrisch-zwölfseitigen Pyramide entstehen, wären als

$+\frac{mPn}{2}$ und $-\frac{mPn}{2}$ zu bezeichnen; je nach dem Werthe von m oder n hat das Scalenoëder andere Dimensionen, je nach dem Zeichen + oder — eine andere Stellung. Fig. 233 und 396 stellen zwei verschiedene Scalenoëder dar in der als +, Fig. 395 und 397 zwei andere in der als — bezeichneten Stellung.

Statt des Zeichens $\frac{mPn}{2}$ für ein Scalenoëder gebraucht man ein anderes, welches die Stellung und einige andere wichtige Eigenschaften des Scalenoëders unmittelbar ausdrückt. — An jedem Scalenoëder liegen die Seitenkanten im Zickzack und so, dass in ihren Mittelpunkten die Nebenaxen ausmünden; d. h. die Seitenkanten und die Seitenecken jedes Scalenoëders liegen genau so wie die Seitenkanten und die Seitenecken eines Rhomboëders; so die des Scalenoëders Fig. 43 oder 233 gerade so wie die des Rhomboëders Fig. 42 oder 391. Man kann sich dieses Scalenoëder aus diesem Rhomboëder in der Art construirt denken, dass die Hauptaxe des Rhomboëders auf das $n$fache (in dem vorliegenden Beispiel auf das 3fache) verlängert, und dann durch die Seitenkanten des Rhomboëders Flächen (oder von den Seitenecken des Rhomboëders Kanten) nach den Endpunkten der verlängerten Hauptaxe gelegt worden wären. Jedes Scalenoëder ist nun seinen Dimensionen und seiner Stellung nach vollkommen bestimmt, wenn man angiebt, welches Rhomboëder eben so liegende Seitenkanten hat, wie das zu bezeichnende Scalenoëder (man nennt dieses Rhomboëder das Seitenkantenrhomboëder jenes Scalenoëders), und wie viel mal grösser die Hauptaxe des Scalenoëders ist, als die des Rhomboëders.

§. 220. So liegen die Seitenkanten des bei dem Kalkspath am häufigsten vorkommenden Scalenoëders (Fig. 233, Mod. 35) gerade so wie die Seitenkanten des Hauptrhomboëders $+R$ (Fig. 391, Mod. 30); $+R$ ist das Seitenkantenrhomboëder jenes Scalenoeders, und dieses letztere hat (gleiche Grösse der Nebenaxen in beiden Figuren natürlich vorausgesetzt) eine dreimal so grosse Nebenaxe, als R. Man drückt dies in der Art aus, dass man das Verhältniss der Hauptaxen rechts oben zu dem Zeichen des Seitenkantenrhomboëders schreibt; das Zeichen für

das eben besprochene Scalenoëder ist also $+R^3$*). Das Zeichen eines Scalenoëders von denselben Dimensionen, aber in verwendeter Stellung, wäre $-R^3$.

Mehrere Scalenoëder können dasselbe Seitenkantenrhomboëder haben, oder sie lassen sich von demselben Rhomboëder ableiten, in der Art dass man sich die Hauptaxe desselben in verschiedenen Verhältnissen (die aber immer einfache und rationale sind, denn nur solche finden sich in der Natur) verlängert, und durch die Seitenkanten und die so gefundenen neuen Endpunkte der Hauptaxe Flächen gelegt denkt. So kommen an dem Kalkspath ausser dem Scalenoëder $+R^3$ (Fig. 233) auch noch die Scalenoëder $+R^2$ (Fig. 396), $+R^5$ und andere vor.

Aber auch Scalenoëder finden sich, welche nicht das Hauptrhomboëder, sondern ein abgeleitetes $\pm mR$ zum Seitenkantenrhomboëder haben; so an dem Kalkspath $-2R^2$ (Fig. 397, dessen Seitenkantenrhomboëder Fig. 392 dargestellt ist), $-\frac{4}{5}R^3$, und andere.

§. 221. Allgemein also können sich von einer Grundform $+R$ aus verschiedene Rhomboëder $\pm mR$ (wo $m >$ oder $<$ als 1 sein kann) ableiten, und von jedem dieser aus eine Reihe von Scalenoëdern $\pm mR^n$, wo n verschiedene Werthe haben kann, aber natürlich immer grösser als 1 sein muss. Tafel XX. (Fig. 389 bis 398) giebt in den Zeichen das allgemeine Schema für die von einer Grundform aus möglicherweise sich ableitenden Rhomboëder und Scalenoëder; in den Zeichnungen können natürlich nur wenige einzelne Beispiele aus den vielen Fällen, welche die allgemeinen Formeln andeuten, dargestellt werden; es ist in diesen Beispielen immer ein Scalenoëder mit der doppelt so langen Hauptaxe für das darüber stehende Rhomboëder als Seitenkantenrhomboëder gezeichnet (oder n beispielsweise $= 2$ genommen).

Die Zeichnung eines jeden Scalenoëders $\pm mR^n$ geschieht also am einfachsten so, dass man die Seitenkanten des Rhomboëders $\pm mR$ construirt, die Hauptaxe $n$mal verlängert, und

*) In welchem Verhältniss ein Scalenoëder zu seinem Seitenkantenrhomboëder steht, wird auch leicht übersehen aus der gleichzeitigen Betrachtung ihrer Hauptschnitte, wie sie Fig. 49 für R^3 und R bietet.

von den neuen Endpunkten der Hauptaxe nach den Seitenecken des Rhomboëders Linien zieht.

Zu der vollständigen Bestimmung eines Scalenoëders gehört die Angabe zweier Kantenwinkel an demselben. Schreibt man die Formel des Scalenoëders allgemein $\pm \frac{mPn}{2}$ (vergl. §. 219), so sind für diese Formel zwei Werthe, m und n, zu bestimmen, wozu zwei Winkelmessungen oder Beobachtungen nöthig sind. Schreibt man die Formel dafür $\pm mP^n$ *), so ist gleichfalls zweierlei zu bestimmen: das Rhomboëder $\pm mR$, von welchem aus man sich das Scalenoëder entstanden denken kann, und der Verlängerungscoefficient n für die Hauptaxe. Aber in der Combination mit anderen Formen kann man oft ein Scalenoëder schon aus der Lage der Combinationskanten ganz oder theilweise bestimmen. Hierzu ist nöthig, die näheren Beziehungen der Scalenoëder zu den Rhomboëdern allgemeiner zu kennen.

§. 222. Die Seitenkanten jedes Scalenoëders haben eine gleiche Lage wie die eines Rhomboëders (vergl. §. 219 und 220); wir nannten letzteres das Seitenkantenrhomboëder des Scalenoeders. Die schärferen Endkanten jedes Scalenoëders liegen aber wie die Endkanten gleichfalls eines Rhomboëders; nämlich alle sechs unter demselben Winkel gegen die Hauptaxe geneigt, die drei oberen unter sich gleich weit abstehend und ebenso die drei unteren, und jede untere gegen die Mitte zwischen zwei oberen sich erstreckend. Für jedes Scalenoëder kann man sich also ein Rhomboëder denken, dessen Endkanten dieselbe Lage und Neigung gegen die Hauptaxe haben, wie die schärferen Endkanten des Scalenoëders; man nennt dieses

*) Es bedeuten in diesen Formeln m und n ganz allgemein Zahlenwerthe, welche zu 1 in einfachen und rationalen Verhältnissen stehen. Keineswegs aber soll damit, dass man ein Scalenoëder durch $\pm \frac{mPn}{2}$ oder auch durch $\pm mR^n$ bezeichnen könne, gesagt sein, dass in diesen beiden Formeln für dasselbe Scalenoëder m und n dieselben Zahlenwerthe bedeuten; im Gegentheil bedeuten sie verschiedene. So ist für das am Kalkspath am häufigsten vorkommende Scalenoëder die Bezeichnung in der einen Art: $+\frac{3P^{3/2}}{2}$, die Bezeichnung in der anderen: $+R^3$.

das Rhomboëder der schärferen Endkanten des Scalenoëders. — Eben so ist es mit den stumpferen Endkanten des Scalenoëders, und Rhomboëder der stumpferen Endkanten des Scalenoëders nennt man dasjenige, dessen Endkanten eben so gegen die Hauptaxe liegen, wie die stumpferen Endkanten des Scalenoëders.

Es sollen hier nicht die allgemeineren Beziehungen angegeben werden, durch welche man für jedes Scalenoëder $\pm mR^n$ das Rhomboëder der schärferen und das der stumpferen Endkanten findet. Als ein specielles und besonderes wissenswürdiges Resultat derselben mag hier nur angegeben werden, dass für $+R^3$, das am häufigsten vorkommende Scalenoëder, $+4R$ das Rhomboëder der schärferen*), $-5R$ das der stumpferen Endkanten ist. (Man sieht leicht ein, dass die zwei Rhomboëder der zweierlei Endkanten eines Scalenoëders immer verschiedener Ordnung sein müssen. Das Rhomboëder der schärferen Endkanten ist von derselben Ordnung, wie das Seitenkantenrhomboëder des Scalenoëders; das Rhomboëder der stumpferen Endkanten ist entgegengesetzter Ordnung.)

§. 223. Die Scalenoëder kommen nun häufig in Combination vor mit den Rhomboëdern ihrer Seiten- oder Endkanten, und diese Combinationen lassen, wenn eine Form bekannt ist, auf die Formel der anderen schliessen.

Jedes Scalenoëder combinirt sich mit seinem Seitenkantenrhomboëder in der Art, dass die Combinationskanten, die Scalenoëderseitenkanten und die Rhomboëderendkanten parallel sind. Herrscht das Rhomboëder vor, so erscheinen die Scalenoëderflächen als Zuschärfungen der Seitenkanten des Rhomboëders; herrschen die Scalenoëderflächen vor, so bilden die Rhomboëderflächen dreiflächige Zuspitzungen an den Endecken des Scalenoëders, wobei die Zuspitzungsflächen auf die stumpferen Endkanten des Scalenoëders gerade aufgesetzt sind. Fig. 236 zeigt letztere Combination, wie sie bei dem Kalkspath durch $+R^3$ und $+R$ gebildet wird.

Der angegebene Kantenparallelismus ist ein wichtiger Anhaltspunkt zur Bestimmung der Scalenoëder. Der Kalkspath

*) Vergl. Fig. 226, welche die Endkanten von $+4R$ wenigstens theilweise zeigt, mit Fig. 233.

zeigt oft Krystalle wie Fig. 233; ein solches Scalenoëder ist zunächst, als ganz unbestimmt, durch $\pm mR^n$ zu bezeichnen. Die Hervorbringung einer Spaltungsfläche, d. h. einer Fläche von $+R$, belehrt, dass das Scalenoëder $+R^n$ sei, wenn die Combinationskante der Spaltungsfläche mit der Scalenoëderfläche einer Scalenoëderseitenkante parallel ist. So ist denn das Scalenoëder mindestens theilweise bestimmt; eine vollständige Bestimmung kann jetzt durch Eine Winkelmessung erreicht werden, indem man entweder durch Rechnung den Werth von n ermittelt (die Anleitung dazu ist in minder elementaren Lehrbüchern der Krystallographie zu suchen) oder, wo die Substanz schon krystallographisch untersucht und für die einzelnen Formen (wie für die Mineralien in vollständigeren Lehrbüchern der Mineralogie) die charakteristischen Winkel angegeben sind, indem man die Winkelmessung mit diesen Angaben vergleicht und zusieht, welchem Scalenoëder sie entspricht.

§. 224.

Die schärferen Endkanten des Scalenoëders liegen gerade so, wie die Endkanten des sogenannten Rhomboëders der schärferen Endkanten des Scalenoëders, die von $+R^2$ z. B. wie die von $+4R$. Bei Combination treten erstere an der Stelle der letzteren auf, d. h. ein Scalenoëder bildet Zuschärfungen an den Endkanten seines Rhomboëders der schärferen Endkanten, wenn letzteres vorherrscht; im entgegengesetzten Fall bildet das Rhomboëder der schärferen Endkanten Abstumpfungen der Seitenecken des Scalenoëders, und die Combinationskanten sind den schärferen Scalenoëderendkanten parallel. Fig. 237 zeigt die an dem Kalkspath vorkommende Combination $+R^3$. $+4R$ im Gleichtgewicht.

§. 225.

In ganz entsprechender Weise combinirt sich ein Scalenoëder mit dem Rhomboëder seiner stumpferen Endkanten.

Die Seitenecken der Scalenoëder erscheinen oft noch anders abgestumpft, nämlich ohne dass ein solcher Kantenparallelismus vorhanden ist. Dies kann durch andere Rhomboëder hervorgebracht werden, aber gewöhnlich beruht es auf einer Combination des Scalenoëders mit dem ersten hexagonalen Prisma ∞R. Die Seitenecken eines Scalenoëders liegen wie Rhomboëderseitenecken; ebenso wie letztere durch ∞R abgestumpft werden (vergl. §. 214), so auch erstere. Fig. 235 zeigt die an dem Kalkspath vorkommende Combination $+R^3$. ∞R;

die ausserdem in dieser Figur auftretenden Flächen werden unten besprochen werden.

Das zweite hexagonale Prisma, $\infty P2$, stumpft die Seitenkanten eines Scalenoëders ab, ebenso wie es die Seitenkanten der Rhomboëder (vergl. §. 215) abstumpft. Fig. 234 zeigt die gleichfalls an dem Kalkspath vorkommende Combination $+R^3 . \infty P2$.

Die Endkanten des Rhomboëders $+4R$ liegen wie die schärferen von $+R^3$; erstere werden abgestumpft durch $-2R$ (vergl. §. 209), also werden auch die schärferen Endkanten von $+R^3$ durch $-2R$ abgestumpft. Fig. 238 zeigt dies an einer Form des Kalkspaths: An dem Scalenoëder $+R^3$ sind die Endecken dreiflächig zugespitzt durch $+R$ (vergl. §. 223); $-2R$ ist kenntlich daran, dass seine Combinationskanten mit $+R$ den schiefen Diagonalen der Flächen des letzteren parallel sind (vergl. §. 210), und stumpft die schärferen Endkanten von $+R^3$ ab; die Seitenecken von $+R^3$ sind ausserdem noch abgestumpft durch ∞R.

§. 226. Die Scalenoëder treten auch unter sich in Combination. Scalenoëder, welche dasselbe Rhomboëder zum Seitenkantenrhomboëder haben, bilden Combinationskanten, welche den Seitenkanten eines Scalenoëders oder den Endkanten des Rhomboëders parallel sind. Man sieht dies in Fig. 239, einer Form des Kalkspaths, wo $+R$, $+R^3$, $+R^5$ combinirt sind; die Combinationskanten zwischen $+R$ und $+R^3$ und die zwischen $+R^3$ und $+R^5$ sind parallel den Endkanten von $+R$ und den Seitenkanten von $+R^5$. Ausserdem zeigt sich hier noch $+4R$, kenntlich daran, dass seine Combinationskanten mit $+R^3$ den schärferen Endkanten von $+R^3$ parallel sind; es stumpft ausserdem die stumpferen Endkanten von $+R^5$ gerade ab. ∞R stumpft endlich die Seitenecken von $+R^5$ ab.

In anderen Fällen bildet ein Scalenoëder Zuspitzungen der Endecken eines anderen. So in Fig. 235, gleichfalls einer Kalkspathform, $+\frac{1}{4}R^3$ Zuspitzungen an $+R^3$. Die Flächen dieser beiden Scalenoëder schneiden die Nebenaxen in denselben Richtungen (das erstere ist eine Hemiëdrie von $\frac{3}{4}P\frac{3}{2}$, das andere eine von $3P\frac{3}{2}$), und bilden deshalb unter sich Combinationskanten, von welchen die oberen in Einer Ebene liegen, und eben so die unteren (vergl. §. 196).

Oder ein Scalenoëder bildet Zuschärfungen an Endkanten eines anderen. So zeigt der Kalkspath auch die Fig. 240 abgebildete Form. Die Flächen des Hauptrhomboëders $+R$ sind daran kenntlich, dass ihnen parallel Spaltbarkeit stattfindet; $-2R$ bestimmt sich dann wie vorhin. Von den beiden Scalenoëdern muss das eine, untergeordneter auftretende, $+R$, das andere, vorherrschendere, $-2R$ zum Seitenkantenrhomboëder haben, denn die Combinationskanten zwischen dem ersteren Scalenoëder und $+R$ sind den Endkanten von $+R$, die Combinationskanten zwischen $-2R$ und dem letzteren Scalenoëder den Seitenkanten von diesem parallel. In der That ist das erstere $+R^3$, das letztere $-2R^2$ (letzteres ist für sich Fig. 397 dargestellt).

---

§. 227.

Die Rhomboëder und Scalenoëder sind nicht allein die wichtigsten hemiëdrischen Formen des hexagonalen Systems *), sondern erstere sind selbst die am häufigsten vorkommenden geschlossenen Formen an den Krystallen im Allgemeinen, welche hexagonal ausgebildet sind. Aber die holoëdrischen Formen des hexagonalen Systems können noch nach anderen Gesetzen hemiëdrisch werden, als diejenigen sind, nach welchen man sich die Rhomboëder und Scalenoëder entstanden denken kann. Das Vorkommen dieser anderen hemiëdrischen Formen ist viel beschränkter, und es mag deshalb nur kurz über die Art, wie einige weniger seltne auftreten, hier gesprochen werden.

Dem ganz analog, was §. 166 über die Bildung von quadratischen Pyramiden dritter Ordnung aus den symmetrisch-achtseitigen Pyramiden angeführt wurde, können auch hexagonale Pyramiden dritter Ordnung aus symmetrisch-zwölfseitigen Pyramiden entstehen, indem die an den Seitenkanten derselben gelegenen Flächenpaare abwechselnd wachsen und verschwinden. Fig. 41 zeigt uns die Lage der Seitenkanten einer symmetrisch-zwölfseitigen Pyramide, deren Flächen (ge-

*) Die hemiëdrischen Formen des hexagonalen Systems werden manchmal als drei- und dreigliedrige, die holoëdrischen als sechsgliedrige unterschieden.

hörig vergrössert) die Nebenaxen in dem Verhältniss $^3/_2 a : a : 3a$ schneiden (vergl. §. 190); wachsen die abwechselnden Seitenkanten mit den anliegenden Flächen, so entsteht eine hexagonale Pyramide dritter Ordnung, in der Stellung zu den Nebenaxen, wie es Fig. 50, gleichfalls in einem Schnitt durch die Seitenkanten, zeigt (die durch das Wachsen der abwechselnden Seitenkanten zurückgedrängten sind durch gestrichelte Linien angedeutet). Dem bei den entsprechenden quadratischen Formen Bemerkten gemäss, bezeichnet man die zwei hexagonalen Pyramiden der dritten Ordnung, welche durch das Wachsen der einen oder der anderen Seitenkanten (und anliegenden Flächenpaare) entstehen können, mit $\frac{r}{l}\frac{mPn}{2}$ und $\frac{l}{r}\frac{mPn}{2}$.

Das symmetrisch-zwölfseitige Prisma ∞Pn kann eben so hemiëdrisch werden, und zwei hexagonale Prismen dritter Ordnung $\frac{r}{l}\frac{\infty Pn}{2}$ und $\frac{l}{r}\frac{\infty Pn}{2}$ geben, je nachdem die einen oder die anderen abwechselnden Flächen an ihm wachsen. Die Stellung eines solchen hexagonalen Prisma's zu den Nebenaxen geht gleichfalls aus Fig. 50 hervor.

§. 228. Diese Art von Hemiëdrie findet sich ausgezeichnet an dem Apatit. Wir betrachteten §. 196 die in Fig. 215 abgebildete Combination $0P.P.2P.\infty P.P2.2P2.\infty P2$. Die Combinationskanten, welche jede Fläche von $2P2$ mit zwei Flächen von ∞P bildet, würden durch eine symmetrisch-zwölfseitige Pyramide abgestumpft (wie wir z. B. §. 195 und Fig. 217 an dem Beryll eine solche Pyramide auftreten sahen). An dem Apatit findet aber die Abstumpfung nur an Einer der Combinationskanten statt, in Fig. 216 immer nur an derjenigen, welche eine Fläche $2P2$ mit der links liegenden Fläche ∞P bildet, während die mit der rechts liegenden Fläche ∞P gebildete Combinationskante unverändert bleibt. Die (in Fig. 216) mit m bezeichneten Flächen gehören einer hexagonalen Pyramide dritter Ordnung, und zwar $\frac{l}{r}\frac{3P^3/_2}{2}$, an. — Eben so wird von den zwei Combinationskanten, welche jede Fläche $\infty P2$ mit zwei Flächen ∞P bildet, immer nur Eine abgestumpft; die Abstumpfungsflächen (in der Figur mit p bezeichnet) gehören dem hexagona-

len Prisma dritter Ordnung $\frac{l}{r}\frac{\infty P^3/_2}{2}$ an. Die Flächen p und m liegen (wie aus der Gleichheit der Zeichen hinter P hervorgeht) zwischen den Nebenaxen in derselben Richtung und bilden deshalb horizontale Combinationskanten, wo immer eine obere und eine untere parallel sind (vergl. §. 196). — Dass den beiden hemiëdrischen Formen dasselbe Zeichen $\left(\frac{l}{r}\right)$ vorgesetzt ist, zeigt an, dass sie sich an derselben Seite, über einander, befinden; würde man das hexagonale Prisma dritter Ordnung als $\frac{r}{l}\frac{\infty P^3/_2}{2}$ bezeichnen, so würde dies bedeuten, dass es die Combinationskante zwischen einer Fläche von $\infty P2$ und der einen Fläche von ∞P abstumpft, während $\frac{l}{r}\cdot\frac{3P^3/_2}{2}$ die Combinationskante zwischen der darüber liegenden Fläche $2P2$ und der anderen Fläche von ∞P abstumpft.

§. 229. Die hexagonalen Pyramiden zweiter Ordnung erscheinen bisweilen hemiëdrisch, in der Art, dass die an den abwechselnden Seitenkanten gelegenen Flächenpaare bis zum Verschwinden der übrigen wachsen. Es entsteht hierdurch eine Doppelpyramide mit gleichseitig dreieckiger Basis, eine trigonale Pyramide; sie kommt nie selbstständig vor, denn Formen, die man dafür halten könnte, sind später (§. 232) zu besprechende Zwillingsbildungen, oder die §. 96 abgehandelten Zwillinge, welche aus Würfelfragmenten zusammengesetzt sind. Eine solche trigonale Pyramide, aus der hexagonalen Pyramide zweiter Ordnung $2P2$ (über die Erkennung derselben vergl. §. 193) entstehend, zeigt sich am Quarz; die Combinationsecken zwischen der (durch zwei im Gleichgewicht befindliche Rhomboëder $+R$ und $-R$ gebildeten) hexagonalen Pyramide erster Ordnung und dem ersten hexagonalen Prisma sind nicht, wie es in Fig. 208 dargestellt und §. 193 besprochen wurde, alle abgestumpft, sondern nur die an den abwechselnden Prismakanten befindlichen; Fig. 209 und 210 zeigen diese Art, wie $2P2$ (seine Flächen sind mit x bezeichnet) als trigonale Pyramide auftritt. Diese Flächen können oft zur Unterscheidung angewandt werden, welche von den Flächen der anscheinenden hexagonalen

Pyramide P an dem Quarz zu $+R$ und welche zu $-R$ gehören (vergl. §. 208); die Flächen x sind nämlich oft deutlich, wenn auch zart, gestreift, und die Streifung geht dann parallel der Combinationskante mit dem Rhomboëder, welches als $+R$ betrachtet wird (für eine Fläche x ist dies in Fig. 209 deutlicher zu machen gesucht).

Die hexagonalen Prismen können hemiëdrisch werden, indem ihre Flächen abwechselnd wachsen und verschwinden; es entstehen dann trigonale Prismen.

§. 230. An dem Quarz findet sich noch ein merkwürdiges Beispiel, wie Formen des hexagonalen Systems nur theilweise auftreten, nämlich ein Beispiel von Tetartoëdrie, wo nur der vierte Theil der Flächen der vollzähligen Form zum Vorschein kommt. An den Combinationskanten zwischen x und ∞R in Fig. 209 und 210 zeigen sich nämlich manchmal Abstumpfungsflächen, aber diese Kanten sind nicht alle abgestumpft, sondern an zwei über einander liegenden Flächen x legt sich an die obere eine Abstumpfungsfläche links, an die untere eine rechts (oder umgekehrt) an. Diese in den genannten Figuren mit y bezeichneten Flächen liegen wie Flächen einer symmetrisch-zwölfseitigen Pyramide mPn (und zwar $6P^6/_5$), aber von den 24 Flächen, welche diese Pyramiden haben sollten, zeigen sich nur 6 in der Combination, wie Fig. 209 und 210 es darstellen. Die Lage dieser sechs Flächen für sich kann man sich so deutlich machen, wenn man sich ein Scalenoëder, die hemiëdrische Form einer symmetrisch-zwölfseitigen Pyramide, noch einmal in der Art hemiëdrisch werden denkt, dass die an den abwechselnden Seitenkanten gelegenen Flächenpaare bis zum Verschwinden der anderen Flächen wachsen. Dann entsteht eine geschlossene Form von der Art, wie sie die Flächen y in Fig. 209 oder 210 bei hinlänglicher Vergrösserung geben würden. — Je nachdem diese tetartoëdrischen Flächen an den abwechselnden Prismakanten oben links und unten rechts oder oben rechts und unten links auftreten, entstehen zwei nicht congruente Formen (vergl. §. 120 b), welche der besseren Vergleichung wegen in Fig. 428 und 429 neben einander dargestellt sind. Diese Formen, welche beide an dem Quarz vorkommen, zeigen dieselben Flächen, aber in verschiedener Ordnung an einander gelagert; die eine ist nur das Spiegelbild, nicht das Ebenbild der

anderen; man kann die in Fig. 428 dargestellte Krystallform niemals so drehen, dass sie eine Fläche *y* oben rechts an einer Prismakante (wie in Fig. 429) zeigt. — An dem Quarz finden sich übrigens noch andere tetartoëdrische Formen der Art, als die von den eben angegebenen Axenverhältnissen.

Ungleiche Ausbildung an den entgegengesetzten Enden.

§. 231. Theilweises Auftreten von Flächen findet endlich manchmal noch in anderer Weise statt, nämlich so, dass von einer Form nur die oberen Flächen sich in einer Combination vorfinden, die unteren aber nicht, sondern statt ihrer die Flächen einer anderen Form. Hierher kann man rechnen, dass in rhomboëdrischen Combinationen die Flächen des ersten hexagonalen Prisma's, ∞R, manchmal nur zur Hälfte vorhanden sind. Denkt man sich dieses hexagonale Prisma als ein Rhomboëder mit unendlich langer Hauptaxe (vergl. die Zusammenstellung von Rhomboëdern auf Tafel XX.), so ist es klar, dass drei abwechselnde Flächen des Prisma's als obere, die drei anderen als untere Flächen dieses Rhomboëders anzusehen sind. Die einen kommen nun manchmal ohne die anderen vor, aber damit ist zugleich auch verbunden das Auftreten anderer Flächen an dem oberen als an dem unteren Ende des Krystalls. Man kann die ungleiche Begrenzung des Krystalls an beiden Enden in der Art andeuten, dass man die Zeichen der an dem einen Ende befindlichen Flächen in runde, die der Flächen am anderen Ende in eckige Klammern setzt. — Der Turmalin giebt vorzüglich ein Beispiel für das eben Gesagte ab; Fig. 245 zeigt eine Combination an ihm vorkommender Formen, unter welchen $\infty P2$ und $+R$ herrschend sind; die Flächen der letzteren Form sind an beiden Enden vorhanden. Von dem ersten hexagonalen Prisma, ∞R, treten nur drei Flächen, (welche also mit $\frac{\infty R}{2}$ zu bezeichnen sind) auf, die abwechselnden Kanten von $\infty P2$ abstumpfend. An dem einen Ende können nun Flächen von

$-\frac{1}{2}R$ (in der Figur an dem oberen Ende) auftreten, ohne an dem anderen sich zu zeigen; an diesem eben so $-2R$ (in der Figur an dem unteren). Sobald das Prisma ∞R in dieser Art hälftflächig in Combination tritt, kann der Krystall nicht mehr an beiden Enden gleichartig begrenzt sein; denken wir uns auch in Fig. 245 die Flächen von $-\frac{1}{2}R$ und $-2R$ weg, so ist doch ungleichartige Begrenzung vorhanden, insofern die oberen Flächen von $+R$ auf Flächen von ∞R, die unteren aber auf Kanten von $\infty P2$ gerade aufgesetzt sind. — Die Bezeichnung der in Fig. 245 abgebildeten Combination wäre übrigens nach dem Obigen zu schreiben: $\infty P2 \cdot \frac{\infty R}{2} \cdot (+R \cdot -\frac{1}{2}R) \cdot [+R \cdot -2R]$.

Zwillingskrystalle.

§. 232. Unter den in diesem System vorkommenden Zwillingskrystallen sind wiederum solche mit parallelen und solche mit nicht parallelen Axensystemen zu unterscheiden (vergl. §. 121), von welchen die ersteren sich nur bei hemiëdrischen Krystallen zeigen können. Von den Zwillingen mit parallelen Axensystemen finden sich sowohl Berührungszwillinge als auch Durchkreuzungszwillinge. Erstere namentlich bei dem Kalkspath, und zwar erscheinen auch hier wieder beide Krystallindividuen als die Hälften der idealen Krystallformen, und können am leichtesten als Hemitropien verstanden werden, indem man sich einen vollständigen Krystall in der Mitte durchschnitten und die eine Hälfte gegen die andere um 180° gedreht denkt. Denkt man sich z. B. die Combination $\infty R . -\frac{1}{2}R$ des Kalkspaths (Fig. 232) in der Mitte parallel einer Fläche $0R$, d. h. rechtwinklig auf die Hauptaxe, durchschnitten und die untere Hälfte wie angegeben gedreht, so entsteht der Berührungszwilling Fig. 244 (wo der Schnitt auch angedeutet ist), welcher auf den ersten Blick wie ein einfacher Krystall aussieht, weil er keinen einspringenden Winkel zeigt. Ebenso entsteht aus dem Scalenoëder $+R^3$ (Fig. 233) die bei dem Kalkspath oft sehr regelmässig ausgebildete Hemitropie Fig. 241. Der Kalkspath findet sich mitunter in grösseren Massen, welche Spaltbarkeit parallel den Flächen von $+R$ zeigen, und eine solche Masse

ist manchmal gegen eine sie durchziehende Ebene hemitropisch krystallinisch; es lassen sich zwar aus dem Theil diesseits oder jenseits dieser Ebene Rhomboëder wie Fig. 391 ausspalten, aber wenn man diese Ebene innerhalb der Spaltungsgestalt hat, so zeigt diese eine Form ähnlich wie Fig. 117, gerade als ob ein (jetzt durch Fig. 116 dargestelltes) Rhomboëder in der Mitte rechtwinklig auf die Hauptaxe durchschnitten und die eine Hälfte um 180° gedreht worden wäre. Stellt man die Flächen, welche die einspringenden Winkel bilden, durch Spaltung nicht her, so erscheint der Zwilling als eine Doppelpyramide mit gleichseitig dreieckiger Basis.

Durchkreuzungszwillinge finden sich am Chabasit. Zwei Rhomboëder in um 180° verdrehter Stellung sind durch einander gewachsen; bei grösster Regelmässigkeit erscheinen die Krystalle ähnlich Fig. 126, wenn eins der Individuen etwas zur Seite gerückt ist, wie Fig. 127, wenn es etwas kleiner als das andere ist, wie Fig. 128.

§. 233. Die Zwillinge mit nicht parallelen Axensystemen können verschiedene Flächen als Zusammensetzungsflächen haben, eine von P, oder von $-\frac{1}{2}P$, oder von $-2P$, u. a. Am Kalkspath finden sich solche Zwillinge namentlich an der Combination $\infty R . 0R$. Um sich ihre Erscheinung deutlich zu machen, ist es vortheilhaft, den Zwilling so vor sich zu stellen, dass der Winkel, welchen die Hauptaxen der beiden Individuen machen, gerade vor dem Beobachter (in einer Ebene, die durch die Richtung von oben nach unten und von links nach rechts geht) liegt. Zu dem Ende muss man das Prisma ∞R mit einer Kante nach vorn stellen, während es bei den bisherigen Betrachtungen immer so gestellt gedacht und gezeichnet wurde, dass es eine Fläche nach vorn kehrt. In dieser abgeänderten Stellung zeigt Fig. 242 einen Zwilling von zwei Krystallen $\infty R . 0R$, die mit einer Fläche $+R$ zusammengewachsen sind; Fig. 243 einen Zwilling derselben Combination, wo aber die Zusammensetzungsfläche $-\frac{1}{2}R$ ist.

Formeln für den Zusammenhang zwischen Winkeln und Axen.

§. 234. Die am häufigsten vorkommenden und einfachsten Rechnungen bei der Untersuchung der hexagonalen Krystalle sind folgende:

Wenn die Länge der Hauptaxe, bezogen auf die Länge einer Nebenaxe = 1, c heisst, und für eine hexagonale Pyramide erster Ordnung A den Endkantenwinkel und B den Seitenkantenwinkel, für eine hexagonale Pyramide zweiter Ordnung $\mathfrak{A}$ den Endkantenwinkel und $\mathfrak{B}$ den Seitenkantenwinkel bedeutet, so gelten die Formeln:

$$c = tg\ \xi, \text{ wenn } sin\ \xi = cotg\ {}^1/_2 A \,.\, \sqrt{3};$$

$$c = tg\ {}^1/_2 B \,.\, \sqrt{{}^3/_4};$$

$$cos\ {}^1/_2 A \,.\, \sqrt{3} = c \,.\, cos\ {}^1/_2 B;$$

$$c = tg\ {}^1/_2 \mathfrak{B}, \text{ und zwar ist } sin\ {}^1/_2 \mathfrak{B} = 2\ cos\ {}^1/_2 \mathfrak{A};$$

$$cos\ A = -\frac{2c^2 + 3}{4c^2 + 3};$$

$$tg\ {}^1/_2 B = \frac{c}{\sqrt{{}^3/_4}};$$

$$cos\ \mathfrak{A} = -\frac{c^2 + 2}{2c^2 + 2};$$

$$cos\ \mathfrak{B} = -\frac{c^2 - 1}{c^2 + 1}.$$

Heisst c die Länge der Hauptaxe eines Rhomboëders, bezogen auf die Länge einer Nebenaxe (vergl. §. 202) als Einheit, und A der Endkantenwinkel, B der Seitenkantenwinkel, so ist:

$$A + B = 180^0;$$

$$c = \sqrt{\frac{3\,(1 + cos\ A)}{2\,(1 - 2\,cos\ A)}};$$

$$cos\ A = \frac{2c^2 - 3}{4c^2 + 3}.$$

Uebersicht einiger im hexagonalen System krystallisirenden Substanzen.

§. 235. Es wurde schon in dem Vorhergehenden mehrmals darauf aufmerksam gemacht, dass einzelne Formen des hexagonalen Systems mit ähnlichen aus anderen Systemen verwechselt werden können. Wo in chemischen Abhandlungen als Krystallform eine sechsseitige Säule angegeben wird, ist dieses häufig keineswegs ein hexagonales Prisma, und oft wird der Ausdruck „rhomboëdrische Krystalle" von solchen Substanzen gebraucht, die nicht hexagonal krystallisiren. Es ist merkwürdig, dass verhältnissmässig wenige künstliche Krystalle in das hexagonale System gehören, während viele natürlich vorkommende Substanzen Beispiele für dasselbe abgeben.

Es wurde bei dem quadratischen Systeme (§. 173) erwähnt, dass Pyramiden von gewissen Neigungen der Flächen vorzugsweise häufig beobachtet werden. Ganz Aehnliches zeigt sich bei dem hexagonalen Systeme, für Pyramiden und für Rhomboëder. So z. B. kommen hexagonale Pyramiden mit $A = 128^0$ etwa und $B = 122$ bis 125^0 sehr häufig vor (z. B. bei Zinkoxyd, Beryllerde, Thonerde und den isomorphen Oxyden, Schwefelcadmium, Jodsilber, schwefelsaurem Lithion, Campher u. a.); so finden sich Rhomboëder mit $A = 85$ bis 88^0 besonders häufig (bei den hexagonal krystallisirenden Metallen, den Oxyden Me_2O_3, dem schwefelsauren Natron-Kali, dem Alaunstein, dem Aldehyd-Ammoniak u. a.); und ebenso sind gewisse andere Winkel für Pyramiden und für Rhomboëder vorzugsweise häufig vorkommende.

§. 236. Von den hexagonal krystallisirenden Substanzen mögen als besonders wichtige genannt werden:

Kohlenstoff krystallisirt als Graphit wahrscheinlich (vergl. §. 332) in hexagonalen Tafeln; er ist dimorph, vergl. §. 122.

1) Arsen, 2) Tellur, 3) Antimon, 4) Wismuth zeigen ein Hauptrhomboëder R, dessen Winkel denen eines Würfels ziemlich nahe kommen, und abgeleitete Rhomboëder, ferner $0R$ und ∞R.

Es ist: bei 1) Arsen für R: $c = 1{,}4025$ $A = 85°4'$
2) Tellur 1,3298 86°57'
3) Antimon 1,3068 87°35'
4) Wismuth 1,3035 87°40'.

Bei dem Tellur treten auch $+R$ und $-R$ zusammen als hexagonale Pyramide (in Combination mit ∞P und $0P$) auf, an welcher $A = 130°28'$, $B = 113°52'$. Spaltbarkeit bei 1) und bei 3) nach $0R$ vollkommen, weniger nach $-\frac{1}{2}R$; bei 2) nach ∞R, nach $0R$ nur in Spuren; bei 4) nach $0R$ sehr vollkommen, weniger nach $-2R$ (vergl. §. 204), und noch weniger nach $-\frac{1}{2}R$. Zwillinge sind bei 1) und 4) häufig, mit der Zusammensetzungsfläche $-\frac{1}{2}R$.

Osmium-Iridium schliesst sich den vorstehenden Metallen an; die an ihm beobachteten Formen lassen sich auf ein Hauptrhomboëder R beziehen, für welches $c = 1{,}4105$ und $A = 84°52'$ ist. Auch das Palladium krystallisirt wahrscheinlich hexagonal, in tafelförmigen Combinationen $\infty P . 0P$ (es ist wahrscheinlich dimorph; vergl. §. 122). Auch das Zink krystallisirt in hexagonalen Prismen.

§. 237. Wasser (HO). Das Eis krystallisirt hexagonal; das Axenverhältniss der Grundform ist nicht mit Sicherheit ermittelt. In den Schneeflocken spricht sich der Charakter des hexagonalen Systems deutlich aus: sie bestehen aus Krystallen, welche um einen Krystall, und zwar in der Richtung seiner 3 Nebenaxen, an einander gewachsen sind, so dass jede Schneeflocke immer die drei Richtungen, nach welchen die Krystallindividuen regelmässig gelagert sind, deutlich zeigt. Fig. 51 stellt zwei solcher Aggregate dar; es zeigt sich deutlich der Unterschied in ihrer Symmetrie von der sonst ähnlichen Gestaltung der Flocken des regulär krystallisirenden Salmiaks (vergl. über diesen §. 90).

Zinkoxyd (ZnO). Für P ist $c = 0{,}6548$, $A = 144°54'$, $B = 74°12'$; für $\frac{5}{2}P$ ist $A = 127°32'$, $B = 124°16'$. Beobachtet sind Combinationen von $\infty P . 0P$ mit P, $\frac{5}{2}P$ und anderen Pyramiden. Spaltbar nach $0P$, weniger deutlich nach ∞P.

Kieselsäure (Quarz, Bergkrystall, Amethyst u. s. w.; SiO_3 wenn Si = 21, SiO_2 wenn Si = 14 gesetzt wird) krystallisirt wie Fig. 205 bis 210 zeigen (vergl. §. 193, 197, 198, 208, 229, 230). Für R ist: $c = 1{,}100$, $A = 94°15'$; $+R$ und $-R$

bilden eine hexagonale Pyramide, für welche $A = 133°44'$, $B = 103°34'$. Sehr unvollkommen spaltbar nach R und ∞R.

Beryllerde (BeO, wenn Be = 4,7; Be_2O_3, wenn Be = 7,0). $c = 1{,}5862$, $A = 127°56'$, $B = 122°44'$. Beobachtete Combination: $\infty P . P$.

§. 238. Eine durch Isomorphismus verknüpfte Gruppe bilden:

1) Thonerde (Corund, Saphir) Al_2O_3
2) Chromoxyd Cr_2O_3
3) Eisenoxyd (Eisenglanz, Rotheisenstein u. a.) Fe_2O_3
4) Titansaures Eisenoxydul (Titaneisen, Ilmenit u. a.)

$$FeO, TiO_2 = \begin{matrix} Fe \\ Ti \end{matrix} O_3$$

Die Grundform dieser Substanzen ist ein spitzes Rhomboeder R; unter den vorkommenden Combinationen nennen wir $R . 0R$ (ähnlich Fig. 222 oder wie Fig. 248, vergl. §. 213) für Al_2O_3 und Fe_2O_3; $\infty P2 . 0R . R . {}^4/_3P2$ (Fig. 247, vergl. §. 216) für Al_2O_3 und Cr_2O_3; $R . {}^4/_3P2 . {}^1/_4\dot{R}$ (Fig. 246, vergl. §. 216) für Fe_2O_3. An dem Ilmenit zeigen sich die hexagonalen Pyramiden zweiter Ordnung hemiëdrisch als Rhomboëder; der verschiedene Gehalt an Fe_2O_3 in dem Ilmenit lässt die Winkel von R an demselben bei verschiedenen Varietäten wechselnd erscheinen. Es ist

bei 1) Al_2O_3	für R: $c = 1{,}3617$,	$A = 86°6'$;	für ${}^4/_3P2$:	$\mathfrak{A} = 128°3'$;	$\mathfrak{B} = 122°18'$
2) Cr_2O_3	1,3707	85°52′		127°58′	122°38′
3) Fe_2O_3	1,3668	85°58′		128°0′	122°30′.
4) FeO,TiO_2	1,3767	85°43′			

Spaltbarkeit unvollkommen nach R und $0R$; wo sie vollkommen zu sein scheint, sind wahrscheinlich Zusammensetzungsflächen verschiedener Krystallindividuen vorhanden. — Zwillingskrystalle; die Zusammensetzungsfläche ist eine von R, oder $0R$.

§. 239. Schwefelcadmium (Greenockit, CdS). Für die Grundform P ist: $c = 0{,}8249$, $A = 139°39'$, $B = 87°13'$; für eine spitzere Pyramide, $2P$, ist $A = 127°27'$, $B = 124°36'$. Zeigt sich säulenförmig, die Kanten zwischen ∞P und $0P$ durch mehrere Pyramiden abgerundet, oder pyramidal, durch Vorherrschen von $2P$. Spaltbar nach ∞P. — In ähnlichen Krystallen (für $2P$ ist $A = 129°$ ungefähr) ist auch Schwefelzink (ZnS; es ist dimorph, vergl. §. 126) künstlich erhalten und als Wurtzit natürlich vorkommend beobachtet worden.

Schwefeleisen (Magnetkies, Fe_7S_8). Für P ist: $c = 1{,}741$, $A = 126°49'$, $B = 127°6'$. Vorkommende Combinationen: $0P.\infty P$, $0P.P$, $0P.\infty P.P$ (ähnlich Fig. 378, 211, 212 u. a.); meistens tafelartig. Ziemlich spaltbar nach $0P$, unvollkommen nach ∞P.

Schwefelquecksilber (Zinnober, HgS) zeigt eine grosse Anzahl verschiedener Rhomboëder, namentlich aber ein spitzes Rhomboëder, an welchem $c = 2{,}29$, $A = 71°48'$, am häufigsten in Combinationen mit $0R$ (etwa wie Fig. 222, dem Oktaëder ähnlich; vergl. §. 213) und ∞R. Vollkommen spaltbar nach ∞R.

Isomorph sind Antimon- und Arsensilberblende, nämlich:

1) Schwefelantimon-Schwefelsilber (Dunkles Rothgültigerz, $SbS_3, 3AgS$).

2) Schwefelarsenik-Schwefelsilber (Lichtes Rothgültigerz, $AsS_3, 3AgS$).

Es ist für das Hauptrhomboëder R

bei 1): $c = 0{,}7880$, $A = 108°42'$; bei 2): $c = 0{,}8034$, $A = 107°48'$.

1) zeigt sich vorzugsweise prismatisch in der Combination $\infty P2$ mit R und anderen Rhomboëdern und Scalenoëdern, bei 2) herrschen im Allgemeinen Scalenoëder (R^3 und R^5) mehr vor. Spaltbar ziemlich deutlich nach R.

§. 240. Für Jodsilber (AgJ) wird eine Grundform P angenommen, für welche $c = 0{,}8142$, $A = 139°56'$, $B = 86°28'$ ist. Es ist für $\frac{1}{2}P$: $A = 155°26'$, $B = 50°21'$; für $2P$: $A = 127°36'$, $B = 123°59'$; für $4P$: $A = 122°13'$, $B = 150°13'$. Das künstlich krystallisirte wie das natürlich vorkommende Jodsilber zeigt säulen- oder tafelförmige Krystalle $\infty P.0P$, zu welcher Combination die genannten Pyramiden treten. Sehr leicht spaltbar parallel $0P$.

Die wasserhaltigen Krystalle von Chlorcalcium ($CaCl + 6HO$) und Chlorstrontium ($SrCl + 6HO$) sind hexagonale Prismen ∞P, an den Enden manchmal durch R begrenzt (ähnlich Fig. 232). Für R ist $c = 0{,}508$, $A = 128°$.

Die Verbindungen von Platinchlorid mit Chlormagnesium, -mangan, -zink, -eisen, -kupfer, -nickel oder -kobalt (allgemeine Formel, wenn Me eins dieser Metalle bedeutet: $PtCl_2$, $MeCl + 6HO$) und das entsprechend constituirte Platinbromid-Bromzink krystallisiren in hexagonalen Prismen und Formen, die sich von einem stumpfen Rhomboëder, wo $A = 130°$ etwa (c also $= 0{,}484$), ableiten.

Eine hieran sich anschliessende grosse Gruppe isomorpher Verbindungen bilden die Fluorsilicium-, Fluorzinn- und Fluortitan-Doppelsalze von der allgemeinen Formel $RFl_2, MeFl + 6HO$, wo R = Si (wenn dies = 14), Sn o. Ti, Me = Zn, Ni, Co, Cd, Fe, Cu, Mn o. Mg; die Krystalle zeigen ausschliesslich oder vorherrschend die Combination $\infty P2 . R$ (ähnlich Fig. 230); an R ist $A = 126$ bis 128^0 (c also = 0,53 bis 0,51 etwa); Spaltbarkeit findet statt parallel $\infty P2$. — Ganz gleiche Form haben auch die (wenn Zr = 44,8) entsprechend zusammengesetzten Doppelsalze des Fluorzirkoniums $ZrFl_2, ZnFl + 6HO$ und $ZrFl_2, NiFl + 6HO$.

Isomorph sind: §. 241.

1) Kohlens. Kalk (Kalkspath) CaO, CO_2
2) Kohlens. Manganoxydul (Manganspath) MnO, CO_2
3) Kohlens. Eisenoxydul (Eisenspath) FeO, CO_2
4) Kohlens. Magnesia (Bitterspath, Magnesit) MgO, CO_2
5) Kohlens. Zinkoxyd (Zinkspath) ZnO, CO_2

und die Substanzen, welche durch Zusammenkrystallisiren mehrerer der genannten entstehen, wie Kalktalkspath (wo die kohlensauren Salze von Ca und Mg gemischt sind), Mesitinspath (Mg,Fe), Oligonspath (Mn,Fe), Kapnit (Zn,Fe) u. a.

Die Winkel und Axendimensionen der Formen dieser Mischungen liegen zwischen denen, welche in dem Folgenden für die entsprechenden Formen der einfachen kohlensauren Salze angegeben werden.

1) Bei CaO, CO_2 ist für R: $c = 0{,}8543$, $A = 105^0 5'$; die Dimensionen der häufiger vorkommenden Rhomboëder sind §. 211 angegeben; von den Scalenoëdern findet sich am öftesten R^3 mit den Endkanten $104^0 38'$ und $144^0 24'$, dann R^5 mit den Endkanten $109^0 1'$ und $134^0 28'$, u. a. Die häufigeren Gestalten, Combinationen und Zwillinge wurden §. 205 bis 226, 232 u. 233 beschrieben, und sind Fig. 390 bis 393, 224 bis 229, 231 bis 244 dargestellt.

2) Bei MnO, CO_2 ist für R: $c = 0{,}8211$, $A = 106^0 51'$. Combinationen: $R . -\frac{1}{2}R$, $\infty R . 0R$, tafelförmig.

3) Bei FeO, CO_2 ist für R: $c = 0{,}8184$, $A = 107^0 0'$; am häufigsten zeigt sich R selbstständig oder vorwaltend (vergl. §. 204).

4) Bei MgO, CO_2 ist für R: $c = 0{,}8108$, $A = 107^0 25'$.

5) Bei ZnO, CO_2 ist für R: $c = 0{,}8063$, $A = 107^0 40'$.

Die Krystalle aller dieser Verbindungen sind, meist sehr vollkommen, spaltbar nach R. — Der kohlensaure Kalk ist dimorph (vergl. §. 295); auch das kohlensaure Bleioxyd und der kohlensaure Baryt scheinen es zu sein, da sie mit kohlensaurem Kalk zusammen rhomboëdrisch krystallisiren können (als Plumbocalcit, wo für R: $c = 0{,}8580$, $A = 104^0 53\frac{1}{2}'$, und als Neotyp oder rhomboëdrischer Barytocalcit, wo für R: $c = 0{,}8529$, $A = 105^0 3'$), während sie für sich in rhombischen Formen erscheinen.

§. 242. Bromsaures Kali (KO, BrO_5) zeigt ein Rhomboëder R, für welches $c = 1{,}354$, $A = 86^0 18'$, auch combinirt mit $0R$ und $-\frac{1}{2}R$.

Salpetersaures Natron (NaO, NO_5) krystallisirt als stumpfes Rhomboëder R (Fig. 391), für welches $c = 0{,}8276$, $A = 106^0 33'$; sehr vollkommen spaltbar nach R. — Auch das wasserfreie salpetersaure Lithion (LiO, NO_5) krystallisirt rhomboëdrisch, in der Combination $R.0R$; für R ist $c = 0{,}8432$, $A = 105^0 40'$.

Salpetersaures Kali (KO, NO_5) bei gewöhnlicher Temperatur unter dem Mikroskop krystallisirend, zeigt ausser rhombischen Krystallen auch stumpfe Rhomboëder, die aber sich bald wieder auflösen und in die rhombische Krystallform übergehen, welche die gewöhnlichere dieser (dimorphen) Verbindung ist; vergl. §. 290.

Isomorph sind 1) salpetersaures Rubidiumoxyd (RbO, NO_5) und 2) salpetersaures Cäsiumoxyd (CsO, NO_5). Die Krystalle zeigen $\infty P . \infty P2 . 0P$, mit P und $P2$. Es ist

bei 1) für P: $c = 0{,}7097$, $A = 143^0 0'$, $B = 78^0 40'$; für $P2$: $\mathfrak{A} = 146^0 21'$, $\mathfrak{B} = 70^0 44'$
2) $0{,}7135$ $142^0 56'$ $78^0 58'$ $146^0 14'$ $71^0 1'$.

Schwefelsaures Kali (KO, SO_3) scheint nicht für sich (wie früher angenommen wurde, wonach man dieses Salz als dimorph betrachtete; vergl. §. 290) hexagonal zu krystallisiren, sondern nur in Verbindung mit schwefelsaurem Natron. Das hexagonale schwefelsaure Natron-Kali $3(KO, SO_3) + NaO, SO_3$ zeigt die tafelförmige Combination $0R . R$ (ähnlich Fig. 248) oder die prismatische $\infty R . 0R . +R . -R$ (ähnlich Fig. 212). Für R ist $c = 1{,}284$, $A = 88^0 13'$, für die aus $+R$ und $-R$ sich zusammensetzende Pyramide P: $A = 131^0 2'$, $B = 112^0 0'$.

An schwefelsaurem Lithion (LiO, SO_3), ist die Combi-

nation $\infty P.P.0P$ beobachtet; für P ist $c = 1{,}6803$, $A = 127°14'$, $B = 125°28'$. — Ganz gleiche Krystallform zeigt schwefelsaures Lithion-Kali ($LiO, SO_3 + 2[KO, SO_3]$).

Schwefelsaures Lithion-Natron ($NaO, SO_3 + x[LiO, SO_3] + 6HO$) krystallisirt in spitzen Rhomboëdern; $c = 1{,}791$, $A = 77°32'$.

Schwefelsaures Thonerde-Kali (Alaunstein; $KO, SO_3 + 3[Al_2O_3, SO_3] + 6HO$) findet sich in den Formen R, $R.0R$ (ähnlich Fig. 222) u. a.; für R ist: $c = 1{,}252$, $A = 89°10'$. Spaltbar ziemlich deutlich nach $0R$, weniger nach R.

Schwefelsaure Magnesia ($MgO, SO_3 + 7HO$) krystallisirt aus s. g. übersättigter Lösung in (an der Luft sehr unbeständigen) Tafeln $0R.R$ (ähnlich Fig. 248); für R ist $c = 1{,}606$, $A = 80°40'$. Die beständigere Modification dieses Hydrats der schwefels. Magnesia krystallisirt im rhombischen System, vergl. §. 296.

Isomorph sind:

1) Unterschwefelsaurer Strontian ($SrO, S_2O_5 + 4HO$)
2) Unterschwefelsaurer Kalk ($CaO, S_2O_5 + 4HO$)
3) Unterschwefelsaures Bleioxyd ($PbO, S_2O_5 + 4HO$)

Als Grundform P kann man für alle eine Pyramide betrachten, wo $c = 1{,}485$, $A = 128°49'$, $B = 119°30'$. 1) und 2) zeigen tafelförmige Gestalt: $0P.P$ (ähnlich Fig. 211); bei 3) soll ausser P auch $\frac{1}{2}P$, und zwar hemiëdrisch und mit P in Combination, vorkommen. Nur für 1) wird undeutliche Spaltbarkeit nach $0P$ angegeben.

Der unterschwefelsaure Baryt krystallisirt bei gleichem Wassergehalt in einem anderen System (monoklinometrisch).

§. 243. Die Verbindungen von arsensaurem oder phosphorsaurem Bleioxyd oder Kalk mit Chlor- oder Fluorblei oder Chlor- oder Fluorcalcium bilden eine Gruppe isomorpher Substanzen. Als besondere Species werden unterschieden:

		Für P ist		
1) Apatit	$3[3CaO, PO_5] + Ca\overset{Fl}{Cl}$;	$c = 0{,}7321$,	$A = 142°20'$,	$B = 80°25'$
2) Pyromorphit	$3[3PbO, PO_5] + Pb\overset{Fl}{Cl}$;	0,7362	142°12'	80°44'
3) Mimetesit o. Kampylit	$3[3PbO, AsO_5] + Pb\overset{Fl}{Cl}$;	0,7331	142°18'	80°30'.

1) zeigt die Combinationen Fig. 211 bis 216 (vergl. §. 192 bis 196, 228), 2) und 3) die Combinationen Fig. 211 bis 214 u. a. Spaltbarkeit nach P und ∞P am deutlichsten bei 1), am undeutlichsten bei 2).

2) und 3) gehen in einander über, indem sich PO_5 und AsO_5 (im Grün- und Braunbleierz) in wechselnden Verhältnissen ersetzen, ebenso wie auch Mineralien bekannt sind, wo ausserdem Pb und Ca in wechselnden Verhältnissen zusammen vorkommen.

Gleiche Krystallform, $\infty P . P$ mit $0P$ u. a., zeigt auch das Vanadinbleierz ($3[3PbO,VO_3]+PbCl$); für P ist: $c=0{,}7269$, $A = 142°30'$, $B = 80°1'$.

§. 244. Kieselsaure Beryllerde-Thonerde (Beryll, Smaragd; $3BeO, Al_2O_3, 4SiO_3$ o. $Be_2O_3, Al_2O_3, 4SiO_3$ wenn $Si = 21$ und $Be = 4{,}7$ o. 7, oder $3BeO, Al_2O_3, 6SiO_2$ o. $Be_2O_3, Al_2O_3, 6SiO_2$ wenn $Si = 14$ und $Be = 4{,}7$ o. 7). Für die Grundform P ist: $c=0{,}4989$, $A=151°6'$, $B=59°53'$. Combinationen $\infty P . 0P$, $\infty P . 0P . P$ (ähnlich Fig. 212), Fig. 217 (vergl. §. 195) u. a. Spaltbar ziemlich vollkommen nach $0P$.

Kieselsaures Kupferoxyd (Dioptas; $3CuO,2SiO_3+3HO$ wenn $Si=21$, CuO,SiO_2+HO wenn $Si=14$). Für R ist: $c=0{,}5281$, $A=126°24'$; für $-2R$ ist $A=95°54'$. Gewöhnlichste Combination: $-2R . \infty P2$ (Fig. 230, vergl. §. 215). Sehr deutlich spaltbar nach R.

§. 245. Andere complicirtere kieselsaure Verbindungen mögen nur kurz angeführt werden:

Nephelin (Eläolith) zeigt die Form $\infty P . 0P . P$ (ähnlich Fig. 212), meistens ohne P. Für P ist $c=0{,}8389$, $A=139°17'$, $B=88°11'$. Unvollkommen spaltbar nach $0P$ und ∞P.

Chabasit zeigt die Formen R, $R . -\frac{1}{2}R . -2R$ (Fig. 249), und Durchkreuzungszwillinge von R (vergl. §. 232). Für R ist: $c=1{,}086$, $A=94°46'$. Ziemlich deutlich spaltbar nach R.

Turmalin zeigt am häufigsten $\infty P2 . \frac{\infty R}{2}$, an den Enden durch R und andere Rhomboëder begrenzt (Fig. 245, vergl. §. 231). Für R kann $c=0{,}4472$, $A=133°10'$ gesetzt werden, aber an verschiedenen Varietäten ist der Winkel etwas verschieden. Spuren von Spaltbarkeit nach R.

Als hexagonal krystallisirend wird von Vielen der s. g.

optisch einaxige Glimmer betrachtet (vergl. §. 279 c). Dieser zeigt nach dieser Annahme fast immer $0P.\infty P$. Ausgezeichnet spaltbar nach $0P$.

Von Verbindungen der organischen Chemie sind hervor- §. 246.
zuheben:

1) Ferrocyanammonium-Chlorammonium (Ammoniumeisencyanür-Chlorammonium (Cfy, 2 Am + Am Cl + 3 HO oder FeCy, 2 Am Cy + Am Cl + 3 HO) und 2) das entsprechende Ferrocyanammonium-Bromammonium.

Beobachtete Formen bei 1): R, $-2R$, und die Combination $R.0R.-2R$ (Fig. 223, vergl. §. 213); bei 2) herrschen die Flächen von $-2R$ mehr vor und R tritt untergeordnet auf. Bei 1) ist für R: $c = 1{,}0325$, $A = 96°52'$; bei 2) ist für R: $c = 0{,}9858$, $A = 98°49'$, für $-2R$: $A = 75°5'$.

Ferrocyankaliumbaryum (Cyaneisenkaliumbaryum, Cfy, K, Ba + 3 HO oder FeCy, KCy, BaCy + 3 HO) krystallisirt in der Form $R.0R$ (Fig. 222). Für R ist: $c = 1{,}570$, $A = 81°23'$. Spaltbar nach R.

Die Verbindung von Traubenzucker mit Chlornatrium ($NaCl + 2C_{12}H_{12}O_{12} + 2HO$) krystallisirt (vergl. §. 198) als hexagonale Pyramide P und hemiëdrisch als Rhomboëder (Fig. 218 bis 221; vergl. §. 198, 208). c ist $= 1{,}802$; für P ist $A = 126°26'$, $B = 128°40'$; für $\frac{P}{2}$ oder R ist $A = 77°23'$.

Aldehyd-Ammoniak $C_4H_4O_2, NH_3$ krystallisirt in Rhomboëdern R und der Combination $R.-\frac{1}{2}R$. Für R ist $c = 1{,}395$, $A = 85°16'$.

Campher (gewöhnlicher; $C_{20}H_{16}O_2$) krystallisirt in hexagonalen Tafeln $0P.\infty P.P$. Für P ist $c = 1{,}6185$, $A = 127°41'$, $B = 123°42'$.

Rhombisches System.

§. 247. Die Krystalle des rhombischen Systems haben drei rechtwinklig zu einander stehende Axen, welche sämmtlich ungleichartig sind. Bei der Betrachtung stellt man eine Axe aufrecht, eine lässt man von links nach rechts, eine von vorn nach hinten gerichtet sein. Alle Krystalle des rhombischen Systems sind nach drei Richtungen verschieden ausgebildet, so dass die Krystalle bei richtiger Stellung oben und unten anders begrenzt sind, als links und rechts, und vorn und hinten wiederum anders; und die Richtungen oben nach unten, links nach rechts, vorn nach hinten machen unter einander rechte Winkel.

Die drei Axen sind sowohl in der Beziehung ungleichartig, dass sie an ungleichen Stellen der Krystalle ausmünden, als in Beziehung auf ihre Grösse.

Die drei Axen sind sämmtlich einzelne Axen (vergl. §. 46); es ist somit an und für sich kein Grund vorhanden, eine von den andern als Hauptaxe zu unterscheiden. Doch nennt man die senkrecht gestellte Axe die Hauptaxe, und zwar nimmt man als Hauptaxe im Allgemeinen vorzugsweise diejenige, mit welcher in den Combinationen die meisten Flächen parallel sind, oder in der Richtung welcher sich die Krystalle vorzugsweise prismatisch ausgebildet finden. Es wird dies bei der Betrachtung der Combinationen deutlicher und unten noch besonders besprochen werden (vergl. §. 270 und 271).

Hat man für einen Krystall die Hauptaxe gewählt und diese senkrecht gestellt, so liegen die beiden anderen Axen in einer horizontalen Ebene. Mann nennt sie dann Nebenaxen, und zwar wird die längere Nebenaxe als Makrodiagonale,

die kürzere als Brachydiagonale unterschieden. Wir wollen bei der Betrachtung der Krystalle sie immer so gestellt denken, dass die Brachydiagonale in der Richtung links nach rechts, die Makrodiagonale in der Richtung vorn nach hinten für den Beobachter liegt.

Eine durch die zwei Nebenaxen gelegte Ebene heisst der basische, eine durch die Hauptaxe und die Makrodiagonale gelegte der makrodiagonale, und eine durch die Hauptaxe und die Brachydiagonale gelegte Ebene der brachydiagonale Hauptschnitt.

§. 248. Die Grösse der Axen in einem rhombischen Krystall muss aus zwei von einander unabhängigen Messungen, nach den unten (§. 285) mitzutheilenden Formeln, bestimmt werden; man giebt ihre Grösse an, bezogen auf die einer Axe, z. B. die der Makrodiagonale, als Einheit. Wir bezeichnen die Brachydiagonale mit a, die Makrodiagonale mit b, die Hauptaxe mit c.

Die Zeichnung eines Axenkreuzes für das rhombische System ist einfach; man zeichnet nach Anleitung von §. 17 drei zu einander rechtwinklig stehende Linien wie Fig. 11; man trägt auf der Linie von links nach rechts und auf der von oben nach unten Abstände vom Mittelpunkte auf, welche dem Verhältniss der Brachydiagonale zur Hauptaxe entsprechen, und auf der von vorn nach hinten trägt man die Grösse der Makrodiagonale auf $^1/_3$ verkürzt auf. In Fig. 411 ist ein rhombisches Axenkreuz gezeichnet; die Flächen der hier dargestellten Pyramide schneiden die Axen in solchen Abständen vom Mittelpunkte, dass sich diese verhalten wie 0,8 auf der Brachydiagonale zu 1 auf der Makrodiagonale (in der perspectivischen Zeichnung muss dieser Abstand auf $^1/_3$ verkürzt erscheinen) zu 0,9 auf der Hauptaxe; oder: es ist für diese Pyramide $a:b:c=0{,}8:1:0{,}9$.

Diese Art der Zeichnung (d. h. wenn man sich das Axenkreuz so gestellt denkt, dass die grössere Nebenaxe gegen den Beobachter gerichtet ist) hat allerdings den Uebelstand, dass dabei die in Wirklichkeit längere Nebenaxe in der perspectivischen Zeichnung kürzer als die andere erscheinen kann. Aber nimmt man die kürzere Axe als die gegen den Beobachter gerichtete (wie dies sehr häufig geschieht), so kann ein noch grösserer Uebelstand entstehen, denn dann erscheint oft diese schon in Wirklichkeit kürzere Axe in der Zeichnung nun noch einmal

so verkürzt, dass ihre Endpunkte mit dem Mittelpunkt und unter sich so nahe zusammenfallen, dass die vorn und hinten daran liegenden Flächen sich fast gänzlich decken und ihre Betrachtung dadurch bedeutend erschwert wird*).

Einfache holoëdrische Formen.

§. 249. Die einfachste Form in dem rhombischen System wird durch Flächen gebildet, welche die drei Axen in verschieden grossen Abständen, z. B. a (auf der Brachydiagonale), b (auf der Makrodiagonale) und c (auf der Hauptaxe), schneiden. Sie ist eine rhombische Pyramide (auch Rhombenoktaëder, zwei- und zweigliedriges oder ein- und einaxiges Oktaëder, oder Orthotyp genannt); Fig. 250 und Mod. 36 stellen eine solche an dem Schwefel vorkommende dar. Sie ist durch 8 ungleichseitige Dreiecke begrenzt. Die 12 Kanten sind dreierlei Art: 4 Seitenkanten BC liegen in dem basischen Hauptschnitt, 4 Endkanten AC in dem makrodiagonalen und 4 davon verschiedene Endkanten AB in dem brachydiagonalen Hauptschnitt. Alle drei durch eine rhombische Pyramide gelegten Hauptschnitte bilden Rhomben, aber von verschiedenen Winkeln. Die 6 Ecken sind gleichfalls dreierlei Art: 2 Endecken A, durch welche die Hauptaxe hindurchgeht; 2 Seitenecken B, in welchen die Brachydiagonale, und 2 davon verschiedene Seitenecken C, in welchen die Makrodiagonale ausmündet. Die Form der Flächen und die grössere Verschiedenartigkeit in den Kanten und Ecken unterscheiden eine rhombische Pyramide von einer quadratischen und von dem Regulär-oktaëder (vergl. §. 138).

Wie in den beiden letzten Systemen an Krystallen derselben Substanz verschiedene Pyramiden auftreten können, ist

*) In dem Folgenden wird sich zeigen, dass bei irgend einer Substanz ausser der Grundform, für welche die Makrodiagonale und Brachydiagonale bestimmt werden, auch noch andere Formen vorkommen können, wo die Brachydiagonale vergrössert und selbst grösser als die Makrodiagonale sein kann. Will man nun auch die Grundform so gestellt denken, dass die Brachydiagonale gegen den Beobachter gerichtet ist und die in Wirklichkeit kleinere Nebenaxe auch in der perspectivischen Zeichnung als die kleinere erscheine, so kann doch für die erwähnten anderen Formen der oben angedeutete Uebelstand eintreten.

dieses auch bei dem rhombischen der Fall. Unter ihnen nimmt man eine als Grundform an, und zwar wieder die, auf welche sich alle andere vorkommenden Formen (die allgemein als secundäre bezeichnet werden) am einfachsten beziehen lassen. Man ermittelt für die Grundform das Axenverhältniss; die Flächen schneiden in ihr die Axen in den Abständen $a:b:c$. Abgekürzt bezeichnet man die Grundform durch P.

§. 250. Es kommen nun noch andere Pyramiden vor, deren Flächen die Nebenaxen in demselben Verhältniss schneiden, wie dies bei P stattfindet, aber die Hauptaxe in dem m mal so grossen Abstande, wo m Zahlen bedeutet, welche zu 1 in einem einfachen und rationalen Verhältniss stehen, wie $^1/_2$, $^1/_3$, 2, $^3/_2$ u. s. f. Die allgemeine Formel $a:b:mc$ oder abgekürzt mP bezeichnet solche Pyramiden. Fig. 411 zeigt eine beispielsweise angenommene Grundform P, Fig. 410 und 412 secundäre Pyramiden mit derselben Basis, mP ($m<1$, z. B. $^1/_2$) und mP ($m>1$, z. B. 2).

Die Grenze für das Kleinerwerden der Hauptaxe ist, dass sie $= 0$ wird. $0P$ bezeichnet eine Fläche, welche mit den Nebenaxen parallel geht, die basische Endfläche.

Die Grenze für das Grösserwerden der Hauptaxe ist dadurch gegeben, dass wir $m = \infty$ setzen. $a:b:\infty c$, abgekürzt ∞P, bezeichnet Flächen, welche mit der Hauptaxe parallel gehen, und die Nebenaxen in denselben Richtungen schneiden, wie dies bei der Grundform geschieht. ∞P ist ein vertikales rhombisches Prisma (Fig. 413), und zwar wird es als vertikales Hauptprisma von anderen ähnlichen Gestalten unterschieden. — Jedes rhombische Prisma wird durch vier gleichartige Flächen gebildet, aber die vier Kanten an ihm sind nicht gleichartig, sondern immer nur je zwei sich gegenüberliegende. Je zwei solche sind unter sich gleichartig und von den anderen zwei verschieden, was den Winkel betrifft, unter welchem die Flächen in ihnen zusammenstossen, und was die Veränderung durch andere Flächen angeht; zwei solche sich gegenüberliegende Kanten können in Combinationen durch andere Flächen ersetzt werden, ohne dass die zwei anderen Kanten dieselbe Veränderung zu erleiden brauchen (Unterschied vom quadratischen Prisma; vergl. §. 140).

Alle Formen, deren Flächen zwischen den Nebenaxen in derselben Richtung liegen wie die Flächen der Grundform (also

alle, deren Zeichen in der mittelsten Horizontalreihe des Schema's Tafel XXI. stehen), fasst man unter dem Namen der Hauptreihe zusammen.

§. 251. Ebenso wie sich aus der Grundform durch Veränderung der Hauptaxe andere Formen ableiteten, lassen sich auch andere Formen durch Veränderung der Grösse einer anderen Axe ableiten. Ausser der Grundform kann z. B. noch eine Pyramide vorkommen, deren Flächen die Makrodiagonale und die Hauptaxe noch in demselben Verhältniss $b:c$ schneiden, wie in der Grundform, aber die Brachydiagonale in dem $n$fachen (z. B. doppelten) Abstande. Das Zeichen dieser Form wird sein: $na:b:c$, und abgekürzt schreibt man es $\breve{P}n$. Man schreibt nämlich auch in diesem System jeden Veränderungscoëfficienten, der sich auf die Hauptaxe bezieht, vor P, und jeden Veränderungscoëfficienten, der auf eine Nebenaxe Bezug hat, hinter P; im letzteren Falle giebt man an, ob der Veränderungscoëfficient sich auf die Makrodiagonale oder die Brachydiagonale bezieht, indem man im ersteren Falle das prosodische Zeichen der Länge (–), im letzteren Falle das der Kürze (⏑) über P setzt.

$\breve{P}n$ bedeutet also eine Form, worin die Brachydiagonale $n$mal so gross ist, wie in der Grundform, die anderen Axen aber dasselbe Verhältniss, wie in der Grundform, noch haben (Fig. 416 stellt $\breve{P}2$, bezogen auf Fig. 411 als P, dar). Von dieser neuen Form $\breve{P}n$ leitet sich nun wieder eine Reihe spitzerer und stumpferer Pyramiden ab, deren Flächen die Nebenaxen in demselben Verhältniss schneiden, wie es in $\breve{P}n$ der Fall ist, die Hauptaxe aber in einem $m$mal vergrösserten Abstande. Ihr allgemeines Zeichen ist $m\breve{P}n$. Für $m=0$ ist die resultirende Form wieder identisch mit der basischen Endfläche $0P$; für $m=\infty$ ist die resultirende Form ein vertikales rhombisches Prisma, dessen Flächen aber die beiden Nebenaxen in einem anderen Verhältniss schneiden, als es die Flächen des Hauptprisma's (§. 250) thun. Letztere schneiden sie in der Richtung $a:b$, erstere in der Richtung $na:b$. Fig. 53 zeigt die zwei Nebenaxen und zwei Prismen angedeutet, welche bei dem Topas vorkommen; die Flächen des einen (des Hauptprisma's ∞P) gehen von dem Abstande (vom Mittelpunkte) 1 auf der

Makrodiagonale nach 0,53 auf der Brachydiagonale, die des anderen ($\infty \breve{P} 2$) von dem Abstande 1 auf der Makrodiagonale nach dem Abstande 1,06 = 2 . 0,53 auf der Brachydiagonale.

In den Formen der Hauptreihe (§. 250) liegen die schärferen Winkel immer an der Makrodiagonale. Die schärferen Endkanten bei den Pyramiden P und mP sind die im makrodiagonalen Hauptschnitt; durch die schärferen Seitenkanten des Prisma's ∞P geht die Makrodiagonale. Bei den Formen der brachydiagonalen Zwischenreihe (wie man die Formen zusammen nennt, wo die Brachydiagonale auf das $n$fache vergrössert, und n messbar, nicht unendlich gross ist) kann es anders sein; die schärferen Winkel können hier in dem brachydiagonalen Hauptschnitt liegen. Die $n$fach vergrösserte Brachydiagonale kann nämlich grösser sein, als die Makrodiagonale.

Der Werth von n, dem Coëfficienten, nach welchem die §. 252.
Vergrösserung der Brachydiagonale erfolgt, kann verschieden sein, z. B. $^3/_2$, 2, 3 u. s. f. Die Grenze für die Vergrösserung ist, dass $n = \infty$ gesetzt wird. $\breve{P}\infty$ bedeutet Flächen, welche mit der Brachydiagonale parallel gehen, übrigens aber die Hauptaxe und die Makrodiagonale in demselben Verhältniss schneiden, wie es in der Grundform der Fall ist. $\breve{P}\infty$ ist ein horizontales Prisma (Fig. 421), welches sich in der Richtung der Brachydiagonale erstreckt. Die horizontalen Prismen, deren mehrere vorkommen können, werden auch als Domen unterschieden; die in der Richtung der Brachydiagonale sich erstreckenden auch als Längsprismen.

Ausser dem brachydiagonalen Prisma oder Doma $\breve{P}\infty$, für welches das Verhältniss der Makrodiagonale zur Hauptaxe das der Grundform ist, giebt es noch stumpfere und schärfere brachydiagonale Domen, nämlich solche, wo die Hauptaxe im Verhältniss zur Makrodiagonale kleiner oder grösser ist als in $\breve{P}\infty$. Das Zeichen für diese ist allgemein $m\breve{P}\infty$ (Fig. 420 und 422 geben sie für $m = ^1/_2$ und $= 2$, bezogen auf Fig. 411 als P). — Für $m = 0$ ist die resultirende Form wieder gleich der basischen Endfläche $0P$; für $m = \infty$ wird die Formel zu $\infty\breve{P}\infty$, und bedeutet Flächen, welche mit der Hauptaxe und mit der Brachydiagonale parallel gehen (Fig. 423). Man nennt sie die brachydiagonalen Endflächen (auch die Längsflächen),

weil sie gerade so dem brachydiagonalen Hauptschnitt parallel liegen, wie die basischen Endflächen der von den Nebenaxen gebildeten Basis des Axensystems.

§. 253. Alle Formen, deren Flächen der Brachydiagonale parallel sind, fasst man als brachydiagonale Grenzreihe oder Nebenreihe zusammen. — In ganz entsprechender Weise, wie hier die Formen der brachydiagonalen Zwischen- und Nebenreihe abgeleitet wurden, lassen sich auch durch Veränderung der Makrodiagonale die Formen der makrodiagonalen Zwischen- und Nebenreihe ableiten, deren Zeichen in den beiden oberen Reihen des Tafel XXI. gegebenen Schema's enthalten sind. Die makrodiagonale Zwischenreihe enthält secundäre Pyramiden, $\breve{P}n$ und $m\breve{P}n$, und secundäre (vertikale) Prismen $\infty\breve{P}n$, die Endreihe makrodiagonale Domen (horizontale Prismen, welche auch als Querprismen bezeichnet werden) $\breve{P}\infty$ und $m\breve{P}\infty$, und die makrodiagonalen Endflächen $\infty\breve{P}\infty$ (Querflächen).

Das Schema Tafel XXI. enthält die Zeichen aller holoëdrischen Formen, welche in dem rhombischen Systeme überhaupt vorkommen können. Von geschlossenen Formen finden wir hier nur Pyramiden, von ungeschlossenen zeigen sich Prismen, die in der Richtung jeder Axe sich erstrecken können, und Endflächen, die an dem Ende jeder Axe auftreten können.

Bei der geringen Anzahl einfacher Formen in diesem Systeme, und da nur Eine Art von geschlossenen Formen vorkommen kann, ist die Zahl der Krystalle, die nur Eine Art von Flächen zeigen, sehr gering. Der bei gewöhnlicher Temperatur (aus Schwefelkohlenstoff oder Chlorschwefel z. B.) krystallisirte ebenso wie mancher natürlich vorkommende Schwefel zeigt eine rhombische Pyramide oft ganz selbstständig. Aber bei weitem die meisten rhombischen Krystalle sind Combinationen verschiedener Formen.

Combinationen der holoëdrischen Formen.

§. 254. Es können verschiedene rhombische Pyramiden unter sich zusammentreten, und namentlich kommen solche häufiger zusammen vor, in welchen das Verhältniss der Nebenaxen zu einander (also die Basis) gleich ist, wo aber die Haupt-

axe verschieden gross im Verhältniss zu den Nebenaxen (oder zu der Basis) ist. An einer vorherrschenden Pyramide bildet dann eine untergeordneter auftretende stumpfere Pyramide (eine solche mit relativ kürzerer Hauptaxe) Zuspitzungen der Endecken, eine untergeordneter auftretende spitzere Pyramide hingegen Zuschärfungen der Seitenkanten. Der erstere Fall kommt häufiger vor, und meistens ist die vorherrschende Pyramide die Grundform P. So erscheinen die Endecken der Grundform P des Schwefels (Fig. 250) häufig zugespitzt durch Flächen einer Pyramide $^1/_3P$ (Fig. 251 zeigt diese Combination); ähnliches zeigt sich an dem wasserfreien schwefelsauren Natron (wie aus Fig. 281 ersichtlich ist) und in vielen anderen Fällen.

Bei der Combination zweier Pyramiden, welche gleiche Basis oder gleiches Verhältniss der Nebenaxen haben und nur durch die relative Grösse der Hauptaxe verschieden sind, liegen alle oberen Combinationskanten dem basischen Hauptschnitt parallel (also horizontal), und ebenso alle unteren Combinationskanten. Je eine obere und eine untere Combinationskante sind parallel. (Vergl. die eben angeführten Figuren.)

In entsprechender Weise wird die Grundform P durch Pyramiden abgeändert, welche sich durch verschiedene (relative) Grösse der Makrodiagonale oder der Brachydiagonale von ihr unterscheiden. Doch kommen diese Fälle seltener vor, denn wo sich mehrere Pyramiden in Combination zeigen, stellt man wo möglich die eine als Grundform so, dass für die anderen dasselbe Verhältniss der Nebenaxen gilt, und nur die Grösse der Hauptaxe abgeändert erscheint. — Eine Pyramide $\breve{P}n$ ($n<1$) würde an P Zuspitzungen derjenigen Seitenecken hervorbringen, welche in dem makrodiagonalen Hauptschnitt liegen; eine Pyramide $\bar{P}n$ ($n>1$) Zuschärfungen derjenigen Endkanten von P, welche in dem brachydiagonalen Hauptschnitt liegen. — In entsprechender Weise würde $\breve{P}n$ Abänderungen an P hervorbringen, je nachdem $n<$ oder >1.

Combiniren sich zwei Pyramiden, oder überhaupt zwei ein- § 255.
fache Formen des rhombischen Systems, so lässt sich leicht erkennen, ob die Flächen von beiden Formen (gehörig vergrössert) zwei Axen in demselben Verhältniss schneiden, und nur die dritte anders, oder ob die Flächen beider Formen alle

drei Axen in verschiedenen Verhältnissen schneiden; mit anderen Worten, ob für die beiden Formen das Verhältniss zweier Axen dasselbe, oder aller drei Axen verschieden ist. Folgende Regeln sind bei der Bestimmung von Combinationen des rhombischen Systems von der grössten Wichtigkeit und fast steter Anwendung:

A) Für zwei Formen, deren Combinationskanten dem basischen Hauptschnitt parallel (also horizontal) sind, ist das Verhältniss der beiden Nebenaxen zu einander dasselbe.

B) Für zwei Formen, deren Combinationskanten dem brachydiagonalen Hauptschnitt parallel sind, ist das Verhältniss der Hauptaxe zu der Brachydiagonale dasselbe.

C) Für zwei Formen, deren Combinationskanten dem makrodiagonalen Hauptschnitt parallel sind, ist das Verhältniss der Hauptaxe zu der Makrodiagonale dasselbe.

Findet man also zwei Pyramiden in Combination, wo einer dieser Fälle, was die Lage der Combinationskanten angeht, eintrifft, so ist leicht zu bestimmen, welche Axen in diesen beiden Pyramiden in demselben Verhältniss stehen, und welche Axe in beiden relativ verschieden gross ist (den am häufigsten vorkommenden Fall, dass beide gleiches Verhältniss der Nebenaxen haben, besprachen wir schon §. 254). Sind hingegen zwei Pyramiden combinirt und es trifft kein einziger dieser Fälle ein (was gleichfalls, jedoch nicht häufig, vorkommt), so schneiden die Flächen der beiden Formen alle drei Axen in abweichenden Verhältnissen; wird die eine Pyramide als die Grundform, P, betrachtet, so ist die andere $m\breve{P}n$ oder $m\bar{P}n$, je nachdem der Gebrauch der einen oder der anderen dieser Formeln einfachere Zahlenwerthe für m und n ergiebt.

§. 256. Es combiniren sich weiter die rhombischen Pyramiden mit den Endflächen. Die basische Endfläche $0P$ stumpft die Endecken, die brachydiagonale Endfläche $\infty\breve{P}\infty$ stumpft die im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Seitenecken, und die makrodiagonale Endfläche $\infty\bar{P}\infty$ stumpft die in dem brachydiagonalen Hauptschnitt liegenden Seitenecken einer rhombischen Pyramide gerade ab (hinsichtlich einer ähnlichen Form vergl. §. 317). Die Abstumpfungsflächen erscheinen alle als Rhomben.

Diese Combinationen zeigen sich seltener so einfach, meistens noch begleitet von anderen Flächen. Fig. 252 zeigt das Auftreten von $0P$ an P, wie es bei dem Schwefel, Fig. 281 das Auftreten von $\infty\breve{P}\infty$, wie es bei dem wasserfreien schwefelsauren Natron vorkommt. Die anderen in diesen Figuren sich zeigenden Flächen sind zum Theil schon besprochen (so die Flächen der stumpferen Pyramide $^1/_3P$ in §. 254), zum Theil werden sie noch erörtert werden.

Die Combinationskanten zwischen einer rhombischen Pyramide und $0P$ sind dem basischen Hauptschnitt oder den Seitenkanten der Pyramide parallel, die Combinationskanten zwischen der Pyramide und $\infty\breve{P}\infty$ sind den im brachydiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten, und die Combinationskanten zwischen der Pyramide und $\infty\bar{P}\infty$ den im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten der Pyramide parallel; alles dies den §. 255 mitgetheilten Gesetzen gemäss.

§. 257.

Combinationen der verschiedenen Endflächen unter einander können die vorwaltende oder alleinige Form an einem Krystall bilden. Wenn zwei der Endflächen, z. B. $\infty\breve{P}\infty$ und $\infty\bar{P}\infty$, vorwalten, so bilden sie eine Form, die man mit einem quadratischen Prisma verwechseln könnte. Sie unterscheidet sich von diesem, insofern an einem quadratischen Prisma die vier Flächen gleichartig sind (in Beziehung auf Spaltbarkeit und in Beziehung darauf, wie andere Krystallflächen sich symmetrisch zu ihnen an dem Krystall vorfinden), während an der durch $\infty\breve{P}\infty . \infty\bar{P}\infty$ gebildeten, dem quadratischen Prisma ähnlichen (manchmal auch als gerades rectanguläres Prisma bezeichneten) Form sich nur je zwei gegenüberstehende Flächen als gleichartig erweisen. Man wird hiernach von einem Krystall, welcher das ungefähre Ansehen von Fig. 192 (Mod. 24) oder Fig. 282 (abgesehen von den mit $\breve{P}\infty$ bezeichneten Flächen) hat, leicht urtheilen können, ob er in das quadratische oder in das rhombische System gehört. Im ersteren Falle verhalten sich alle Kanten, welche durch das Zusammentreffen zweier Pflächen gebildet werden, gleich (was die Grösse des Winkels angeht, unter welchem die Flächen zusammentreffen, und was die Veränderlichkeit durch andere Flächen betrifft), und ebenso verhalten sich die vier Flächen des

Prisma's ganz gleich. Im anderen Falle sind die Kanten, welche durch das Zusammenstossen der Pflächen gebildet werden, zweierlei Art: die in Einem Durchschnitt (für Fig. 192 z. B. die nach vorn und hinten liegenden) anders, unter einem kleineren Winkel von den Flächen gebildet, als die in dem anderen Durchschnitt (neben) liegenden; schon ohne Messung erkennt man die Verschiedenheit manchmal, indem die in Einem Durchschnitt liegenden sämmtlich abgestumpft erscheinen, die im anderen nicht (wie in Fig. 282); ausserdem verhält sich dann von den vier rechtwinklig zu einander stehenden Flächen ($\infty\breve{P}\infty$ und $\infty\bar{P}\infty$) das eine Flächenpaar anders, als das andere. Ist der Krystall quadratisch, so muss jede Fläche P gegen die zwei anliegenden Flächen $\infty P\infty$ unter demselben Winkel geneigt sein; ist er rhombisch, so wird jede Fläche P gegen $\infty\breve{P}\infty$ unter einem anderen Winkel geneigt sein, als gegen $\infty\bar{P}\infty$.

§. 258. Wenn die drei Endflächen, $0P$, $\infty\bar{P}\infty$ und $\infty\breve{P}\infty$ zusammen vorherrschen, so entsteht eine Gestalt, welche mit dem Würfel oder mit der Combination eines quadratischen Prisma's und der Endfläche (vergl. §. 151) Aehnlichkeit haben kann *). Verwechselung ist nicht gut möglich, wenn man bedenkt, dass in dieser rhombischen Combination $0P.\infty\bar{P}\infty.\infty\breve{P}\infty$ nur je zwei sich gegenüberliegende Flächen sich krystallographisch gleich verhalten, in der quadratischen Combination $\infty P.0P$ oder $\infty P\infty.0P$ hingegen die vier Prismaflächen unter sich gleich, und die zwei Endflächen anders, und endlich bei dem regulären Würfel alle sechs Flächen gleich. Die Spaltbarkeit giebt auch hier die Verschiedenheit der Flächen oft zu erkennen, wenn auch das andere sichere Kennzeichen mangelt, dass andere sich combinirende Formen krystallographisch gleiche Flächen in gleicher Weise verändern müssen. So zeigt der Anhydrit Spaltbarkeit nach $0P$, $\infty\breve{P}\infty$ und $\infty\bar{P}\infty$, und man

*) Bei dem Vorherrschen Einer Art von Endflächen kann diese Combination einer quadratischen Tafel ähnlich sein. Das Vorherrschen zweier sich paralleler Endflächen kann in diesem Systeme tafelförmige Gestalten der Art hervorbringen, aber auch das Vorherrschen zweier sich paralleler Prismaflächen, da auch diese als rectanguläre Flächen auftreten können. Vergl. §. 151.

kann so an ihm eine von dem Würfel in Beziehung auf die Dimensionen und die Neigung der Flächen nicht verschiedene Form durch Spaltung hervorbringen, aber die Spaltbarkeit findet (das Axensystem so, wie in §. 294 angegeben, angenommen) parallel $\infty \breve{P} \infty$ mit grösster, parallel $0P$ auch mit grosser, parallel $\infty \bar{P} \infty$ mit merklich geringerer Vollkommenheit statt.

Wäre die Substanz, an welcher sich eine solche würfelähnliche Combination $0P . \infty \bar{P} \infty . \infty \breve{P} \infty$ fände, spaltbar nach der Grundform P, so liessen sich mittelst Spaltung die Combinationsecken jener Form durch ungleichseitige Dreiecke ersetzen (man vergleiche §. 152). Wäre sie spaltbar nach ∞P, so würden die Combinationskanten zwischen $\infty \breve{P} \infty$ und $\infty \bar{P} \infty$ schief abgestumpft werden.

Sehr häufig sind Combinationen der Pyramiden mit den Prismen, namentlich die der Grundform P mit dem vertikalen Hauptprisma ∞P. Letzteres stumpft dann die Seitenkanten von P gerade ab (wie aus Fig. 281, einer Form des wasserfreien schwefelsauren Natrons, zu ersehen ist), oder bei vorwaltendem Prisma bilden die Flächen von P Zuspitzungen an den Enden des Prisma's, wobei die Zuspitzungsflächen auf die Prismaflächen aufgesetzt und ungleichseitige Dreiecke sind (Fig. 253, Zinkvitriol *). §. 259.

Wenn bei einer solchen Combination die Makro- und die Brachydiagonale nur unbedeutend in der Grösse differiren, so ist das Prisma nahezu rechtwinklig, und an der Pyramide sind dann die im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten nur unbedeutend von den in dem brachydiagonalen liegenden dem Winkel nach verschieden. Die Pyramidenflächen sind dann oft dem blossen Augenmaasse nach nicht von gleichschenkligen Dreiecken zu unterscheiden, und die ganze Krystallform kann der quadratischen Combination $P . \infty P$ (Fig. 175, Mod. 23) sehr ähnlich erscheinen. Es ist dies z. B. bei dem Zinkvitriol (Fig. 253) der Fall, wo das Grössenverhältniss der Makrodiagonale zu der Brachydiagonale $= 1 : 0{,}989$; der Endkantenwinkel der Grundform ist in dem brachydiagonalen

*) Modell 38 zeigt die Combination $\infty P . P$ nach den Axendimensionen, welche für den Topas gültig sind.

Hauptschnitt 127°22′, in dem makrodiagonalen 126°48′; der Kantenwinkel des Prisma's ∞P ist in dem brachydiagonalen Hauptschnitt 90°38′, in dem makrodiagonalen 89°22′, also sehr wenig von einem rechten abweichend. Dass der Zinkvitriol rhombisch und nicht quadratisch krystallisirt, giebt sich, abgesehen von dem Resultat der Winkelmessungen, in folgender Weise unzweifelhaft zu erkennen. An der vorwaltenden Form $\infty P . P$ (Fig. 253), welche man dem blossen Augenmaass nach auch für quadratisch halten könnte, zeigen sich oft die im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Kanten des Prisma's und der Pyramide abgestumpft (wie in Fig. 254), ohne dass die im brachydiagonalen Hauptschnitt liegenden Kanten dieselbe Veränderung zeigen. Es deutet dies schon darauf hin, dass das Prisma nicht einerlei Kanten hat, nicht ein quadratisches ist, sondern ein rhombisches, und dass die Endkanten der Pyramide nicht alle krystallographisch gleichartig sind, wie es bei einer quadratischen Pyramide sein müsste, sondern zweierlei Art, einer rhombischen Pyramide entsprechend. Doch könnte dies vielleicht als auf einem Zufall der unregelmässigen Ausbildung beruhend betrachtet werden, aber folgende Wahrnehmungen lassen keinen Zweifel zu. An dem Prisma ∞P in Fig. 253 lassen sich die schärferen (in der Figur vorn und hinten liegenden) Kanten mit Leichtigkeit abspalten, und so die Flächen hervorbringen, welche in Fig. 254 mit $\infty \breve{P} \infty$ bezeichnet sind, während die anderen (in Fig. 253 neben liegenden) Kanten nicht abspaltbar sind. Es entscheidet dieses bestimmt, dass das Prisma nicht ein quadratisches ist. An der Pyramide lassen sich, obgleich weniger vollkommen, die stumpferen (in Fig. 253 neben liegenden) Endkanten mittelst Spaltung durch Flächen ersetzen, die anderen aber nicht, was ebenso ausweist, dass die Pyramide keine quadratische ist.

§. 260. Das vertikale Hauptprisma ∞P stumpft also die Seitenkanten der Grundform P (und ebenso einer anderen Pyramide der Hauptreihe, mP im Allgemeinen) gerade ab. Anders combinirt sich mit der vorwaltenden Grundform ein secundäres Prisma $\infty \bar{P} n$ oder $\infty \breve{P} n$. Ist $n > 1$, so bildet $\infty \breve{P} n$ Zuschärfungen an denjenigen Seitenecken der Grundform, welche im makrodiagonalen Hauptschnitt liegen (Fig. 257 zeigt eine solche Combination $P . \infty \breve{P} 2$ des schwefelsauren Kali's), und $\infty P n$

eben solche an den im brachydiagonalen Hauptschnitt liegenden Seitenecken (Fig. 287 zeigt eine Form des salpetersauren Silberoxyds; an der Grundform P, deren Endecken ausserdem durch die Flächen $0P$ stark abgestumpft sind, bringt $\infty \breve{P} 2$ diese Zuschärfung hervor).

Fig. 54 zeigt den vorderen Theil eines rhombischen Axensystems in den Dimensionen, wie sie für das schwefelsaure Kali gültig sind; die Linien, welche die Endpunkte dieser Axen verbinden, begrenzen die vorderen Flächen der Grundform P. Diese Flächen schneiden also die Brachydiagonale, Makrodiagonale und Hauptaxe in dem Normalverhältniss $a:b:c$ (und zwar 0,7464 : 1 : 0,5727). Mit dieser Grundform tritt nun häufig das vertikale Prisma $\infty \breve{P} 2$ in Combination, dessen Flächen also gehen in der Richtung von $2a$ auf der Brachydiagonale nach b auf der Makrodiagonale und parallel mit der Hauptaxe; oder, was dasselbe ist, von a auf der Brachydiagonale nach $^1/_2 b$ auf der Makrodiagonale und parallel mit der Hauptaxe. Schneiden die Flächen von $\infty \breve{P} 2$ sich wirklich genau in a und in $^1/_2 b$ (der Grundform P), so entsteht die in Fig. 54 durch die stärkeren Linien dargestellte Form; herrscht P mehr vor, so zeigt die Combination den in Fig. 257, herrscht $\infty \breve{P} 2$ mehr vor, den in Fig. 258 dargestellten Habitus*). Bei allen diesen Combinationen sind die Combinationskanten nicht parallel mit dem basischen Hauptschnitt (oder eine obere und eine untere Combinationskante sind nicht parallel); es kann dies nicht der Fall sein, weil bei P und $\infty \breve{P} 2$ das Verhältniss der Nebenaxen ein verschiedenes ist (vergl. §. 255).

Die Combination $P . \infty \breve{P} 2$ im Gleichgewicht (Fig. 54) kann grosse Aehnlichkeit mit einer hexagonalen Pyramide haben, wie denn auch z. B. bei dem schwefelsauren Kali erstere Combination oft für letztere einfache Form gehalten wurde. Dass sich an ersterer Gestalt zweierlei Flächen vorfinden und dass sie also keine hexagonale Pyramide ist, erkennt man einmal daran, dass die Flächen von $\infty \breve{P} 2$ an anderen Krystallen derselben Substanz oft auffallend, aber regelmässig, untergeordnet (wie in Fig. 257) oder vorherrschend (wie in Fig. 258) sich zeigen.

*) Modell 41 zeigt P (von den Axendimensionen des Topases) in Combination mit $\infty \breve{P} 2$.

Sodann daran, dass die sechs Kanten (die Fig. 54 in dem makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden), welche man für die Seitenkanten der hexagonalen Pyramide halten möchte, keineswegs unter sich gleichartig sind; vier von ihnen sind im makrodiagonalen Hauptschnitt liegende Endkanten von P, die zwei anderen aber in diesem Hauptschnitt liegende Kanten von $\infty\breve{P}2$; die durch je zwei Flächen von $\infty\breve{P}2$ gebildeten Kanten lassen sich mittelst Spaltung durch eine Fläche ersetzen, die durch je zwei Flächen von P gebildeten aber nicht, und in den ersteren stossen die Flächen unter 112°22′, in den letzteren unter 112°41′ zusammen. Ebenso sind die zwölf Kanten, welche man für Endkanten der hexagonalen Pyramide halten möchte, nicht gleichartig, sondern vier sind Endkanten von P, welche im brachydiagonalen Hauptschnitt liegen, und acht sind Combinationskanten zwischen P und $\infty\breve{P}2$. Die Flächen einer solchen Combination sind auch nicht sämmtlich gleichschenklige Dreiecke, wie dies bei einer hexagonalen Pyramide der Fall sein müsste, sondern acht ungleichseitige (P) und vier gleichschenklige ($\infty\breve{P}2$).

(Hinsichtlich der Combination von P mit $\infty\breve{P}n$ oder $\infty\bar{P}n$ vergl. noch die Anmerkung zu §. 275, hinsichtlich einer möglichen Verwechselung solcher Formen §. 337).

§. 261. Häufig kommen auch Pyramiden mit horizontalen Prismen oder Domen combinirt vor. Das brachydiagonale Doma, dessen Flächen die Makrodiagonale und die Hauptaxe in demselben Verhältniss schneiden, wie es die Flächen einer Pyramide thun, stumpft die im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten dieser Pyramide gerade ab. So zeigt sich namentlich häufig $\breve{P}\infty$, diese Endkanten an der Grundform P abstumpfend. Nimmmt man an den Krystallen des Schwefels (Fig. 250, Mod. 36) die längste Axe der Pyramide zur Hauptaxe, so gehören die häufig vorkommenden Abstumpfungsflächen der im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten dem Doma $\breve{P}\infty$ an (vergl. Fig. 252; Mod. 37 zeigt diese Combination $P.\breve{P}\infty$ für sich). Ebenso findet am Zinkvitriol (Fig. 254), am schwefelsauren Kali (Fig. 262), am salpetersauren Uranoxyd (Fig. 282) und vielen anderen Substanzen die Abstumpfung dieser Endkanten durch $\breve{P}\infty$ häufig statt.

Wie die im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten an P durch $\breve{P}\infty$ gerade abgestumpft werden, so werden es dieselben an $2P$ durch $2\breve{P}\infty$, die an mP durch $m\breve{P}\infty$. Ganz allgemein stumpft ein brachydiagonales Doma die im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten jeder solchen Pyramide gerade, mit parallelen Combinationskanten, ab, für welche das Verhältniss der Makrodiagonale zur Hauptaxe dasselbe ist, wie für jenes Doma.

§. 262. Ein flacheres brachydiagonales Doma (ein solches, für welches die Hauptaxe im Verhältniss zur Makrodiagonale kürzer ist) ersetzt gleichfalls in Combination mit einer Pyramide die im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten derselben (theilweise oder ganz), bringt aber nicht parallele Combinationskanten hervor, sondern nach den Endecken der Pyramide zu divergirende. So zeigt sich in Fig. 283, einer Form des wasserhaltigen Chlorbaryums, das brachydiagonale Doma $\frac{1}{2}\breve{P}\infty$ an der Stelle dieser Endkanten der Grundform P (deren Endecken ausserdem durch $0P$ und deren Seitenkanten durch ∞P abgestumpft sind, abgesehen von den nachher, §. 263, zu besprechenden Flächen $\frac{1}{2}\bar{P}\infty$).

Ein schärferes brachydiagonales Doma bringt an einer Pyramide, unter Ersetzung der im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten, Combinationskanten hervor, welche nach den Endecken zu convergirend sind. So $2\breve{P}\infty$ an P in der Fig. 280 dargestellten Combination des Topases.

Die Combination einer Pyramide mit einem schärferen brachydiagonalen Doma im Gleichgewicht kann gleichfalls einer hexagonalen Pyramide sehr ähnlich sehen. Fig. 263 zeigt eine solche, wie sie sich zuweilen an dem Salpeter findet. Die Unterscheidung beider ähnlicher Krystallformen geschieht wieder in derselben Weise, wie in dem §. 260 besprochenen analogen Falle. An dem Fig. 263 dargestellten Salpeterkrystall sind die sechs Kanten, welche man für Seitenkanten der hexagonalen Pyramide halten könnte, nicht gleichartig, sondern in zwei derselben stossen je zwei Flächen $2\breve{P}\infty$ unter 109°8′, in den vier anderen je zwei Flächen P unter 108°40′ zusammen; von den zwölf Kanten, welche man für Endkanten der hexagonalen Pyramide halten könnte, sind vier die im brachydiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten von P, und in ihnen

stossen je zwei Flächen P unter 131°36′ zusammen, die acht anderen aber sind Combinationskanten zwischen $2\breve{P}\infty$ und P, und diese Flächen sind in ihnen unter 132°13′ gegen einander geneigt.

§. 263. Entsprechend wie die brachydiagonalen combiniren sich die makrodiagonalen Domen mit den Pyramiden. Sie ersetzen die im brachydiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten derselben, und zwar mit parallelen Combinationskanten, wenn für das makrodiagonale Doma und die Pyramide das Verhältniss zwischen der Hauptaxe und der Brachydiagonale dasselbe ist (in Fig. 271, einer Form des Schwerspaths, zeigen sich die Flächen von P nur sehr untergeordnet, aber doch die im brachydiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten deutlich gerade abgestumpft; die abstumpfende Form ist also $\bar{P}\infty$); mit nach den Enden des Krystalls zu divergirenden Combinationskanten, wenn das makrodiagonale Doma stumpfer (seine Hauptaxe im Verhältniss zur Brachydiagonale kleiner) ist, als die Pyramide (so zeigt sich $\frac{1}{2}\bar{P}\infty$ an der Fig. 283 dargestellten Form des wasserhaltigen Chlorbaryums); mit nach den Enden des Krystalls zu convergirenden Combinationskanten, wenn das makrodiagonale Doma schärfer ist, als die Pyramide.

§. 264. Unter den Combinationen der Prismen oder Domen und der Endflächen wird die eines Prisma's ∞P mit der basischen Endfläche $0P$ oft als gerade rhombische Säule (wenn ∞P vorherrscht) oder als rhombische Tafel (wenn $0P$ vorherrscht*) schlechtweg bezeichnet (Fig. 413, wenn man sich das Prisma oben und unten durch eine beiden Nebenaxen parallele Fläche begrenzt denkt). (Hinsichtlich der Verwechslung einer solchen Combination $\infty P.0P$, wenn sie verzerrt ist, vergl. §. 278 u. 315). — Die makrodiagonale Endfläche $\infty\bar{P}\infty$ stumpft die im brachydiagonalen Hauptschnitt liegenden Prisma-

*) Als rhombische Tafeln werden häufig sehr verschiedenartige Formen bezeichnet, welche nur gemeinsam haben, dass sie dünn und durch zwei parallele rhombische Flächen vorherrschend begrenzt sind. Den Habitus einer rhombischen Tafel kann z. B. ein Rhombendodekaëder haben, wenn der Krystall zwischen zwei parallelen Flächen sehr verkürzt (platt gedrückt) ist, oder eine quadratische Combination (vergl. §. 158), oder eine monoklinometrische (vergl. §. 333).

kanten gerade ab, die brachydiagonale Endfläche $\infty\breve{P}\infty$ die im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden. Letzteres zeigt z. B. Fig. 276, eine Form des Dreifach-Schwefelantimons (Grauspiessglanzerzes): $P.\ \infty P.\infty\breve{P}\infty$ *).

Die Combination eines Prisma's ∞P und der brachydiagonalen Endfläche $\infty\breve{P}\infty$ kann das Ansehen des hexagonalen Prisma's haben, wenn die im brachydiagonalen Hauptschnitt liegenden Prismakanten etwa 120° messen, und ∞P und $\infty\breve{P}\infty$ ungefähr gleich gross auftreten. Diese Combination zeigt sich so namentlich an dem Arragonit (Fig. 288), an dem Salpeter (Fig. 264 u. 265) u. a. Fig. 55 zeigt zwei Nebenaxen im Verhältniss $a:b=0{,}59:1$ — sehr nahe dem für Salpeter geltenden — im Grundriss, den Querschnitt des Prisma's ∞P angedeutet, und den basischen Durchschnitt durch die Combination $\infty P.\ \infty\breve{P}\infty$ im Gleichgewicht in den stärkeren Linien dargestellt. Die Combination unterscheidet sich von dem hexagonalen Prisma einmal dadurch, dass an letzterem die Flächen in allen 6 Kanten unter demselben Winkel (120°) zusammenstossen, während an der ersteren Combination sie in den 2 Prismakanten (y, Fig. 55) unter einem anderen Winkel zusammenstossen, als in den 4 Combinationskanten zwischen ∞P und $\infty\breve{P}\infty$ (x). Für die ersteren zwei Kanten ist z. B. bei dem Salpeter die Neigung der Flächen 119°8′, für die letzteren vier ist sie 120°26′. Sodann dadurch, dass die Flächen ∞P und $\infty\breve{P}\infty$ sich auch krystallographisch verschieden verhalten, indem sonstige vorkommende einfache Formen ganz anders gegen ∞P als gegen $\infty\breve{P}\infty$ liegend auftreten (vergl. Fig. 265, eine Form des Salpeters, und Fig. 288, eine Form des Arragonits **). Aber auch wenn andere unterscheidende Flächen fehlen, wenn an einem Krystallfragment nur sechs in Einer Zone liegende Flächen von dem Querschnitt Fig. 55 etwa vorhanden sind, oder wenn die Endflächen $0P$ den Krystall an den Enden begrenzen, lässt sich oft ohne Winkelmessung angeben, ob die Krystallform hexagonal oder rhombisch ist. Sie ist das erstere, wenn z. B. parallel allen Flächen sich Spaltbarkeit in ganz gleichem Grade zeigt;

*) Modell 38 zeigt eine Combination $P.\ \infty P$ mit den Axendimensionen des Topases, Modell 39 $P.\ \infty P.\ \infty\breve{P}\infty$.

**) Dasselbe lassen die Modelle 39 und 44 erkennen.

sie ist das letztere, wenn nur parallel 2 sich gegenüberliegenden Flächen ($\infty\breve{P}\infty$, wie bei dem Arragonit) oder nur parallel den 4 anderen Flächen (∞P) sich Spaltbarkeit zeigt, oder bei diesen zweierlei Flächen in deutlich verschiedenem Grade.

§. 265. An einem brachydiagonalen Doma $m\breve{P}\infty$ stumpft die basische Endfläche $0P$ die Kanten ab, durch welche die Hauptaxe, die brachydiagonale Endfläche $\infty\breve{P}\infty$ die Kanten, durch welche die Makrodiagonale hindurchgeht. Auch die in dieser letztern Combination enthaltenen Flächen können zusammen dem hexagonalen Prisma ähnlich sehen, wie z. B. $\breve{P}\infty$. $\infty\breve{P}\infty$ in Fig. 259, einer Form des schwefelsauren Kalis. In den Kanten, durch welche die Hauptaxe hindurchgeht, stossen hier je zwei Flächen $\breve{P}\infty$ unter 120°24′ zusammen, in den Combinationskanten hingegen sind $\breve{P}\infty$ und $\infty\breve{P}\infty$ unter 119°48′ zu einander geneigt; parallel den Flächen $\infty\breve{P}\infty$ findet Spaltbarkeit statt, parallel den Flächen $\breve{P}\infty$ aber nicht. Alles dieses unterscheidet auch diese Combination sehr bestimmt von dem hexagonalen Prisma.

An einem makrodiagonalen Doma, $m\bar{P}\infty$, werden die Kanten durch $0P$ und $\infty\bar{P}\infty$ abgestumpft; hinsichtlich dieser Combinationen bedarf es nach dem Vorhergehenden keiner besonderen Erörterung.

§. 266. Wir haben endlich noch die Combinationen der Prismen und Domen unter sich zu betrachten.

An dem Hauptprisma ∞P bildet ein Prisma $\infty\breve{P}n$ ($n>1$) Zuschärfungen der im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Kanten. Fig. 53 zeigt im Grundriss die Nebenaxen, wie sie für den Topas gültig sind ($a:b=0{,}53:1$), die Querschnitte des Prima's ∞P (dessen Flächen in der Richtung $a:b$ liegen) und des Prisma's $\infty\breve{P}2$ (dessen Flächen in der Richtung $2a:b$ liegen) angedeutet, und den Querschnitt der Combination beider Formen in den stärkeren Linien dargestellt. Fig. 279 zeigt eine am Topas häufig vorkommende Combination vollständig. Die Pyramide P ist die Grundform; sie wird so gestellt, dass die Hauptaxe den vorhandenen Prismenflächen parallel geht, und dass die schärferen Endkanten in einer auf den Beobachter zu gerichteten Ebene liegen (oder dass die Makrodiagonale auf den Beobachter zu gerichtet ist). Dann bestimmen sich die

4 Flächen des einen Prisma's, welche die Seitenkanten von P gerade abstumpfen (wo die Combinationskanten horizontal, oder je eine obere und eine untere parallell sind), als ∞P, die 4 anderen Prismenflächen aber als $\infty \breve{P} n$ (wo $n > 1$), weil sie Zuschärfungen an den vorderen (im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden) Kanten des Prisma's ∞P bilden*). Dass für das Prisma $\infty \breve{P} n$ $n = 2$ ist, muss durch Winkelmessung und Berechnung ermittelt werden. Dass es in Beziehung auf die Grundform P ein secundäres Prisma, nicht das Hauptprisma ∞P ist, ergiebt sich aus der Lage seiner Combinationskanten zu P, welche nicht horizontal sind; das Prisma $\infty \breve{P} 2$ würde aber mit einer Pyramide $m\breve{P}2$ horizontale Combinationskanten bilden.

Ein vertikales Prisma $\infty \bar{P} n$ ($n > 1$) bringt am Hauptprisma ∞P ebenso Zuschärfung derjenigen Kanten hervor, welche im brachydiagonalen Hauptschnitt liegen.

Durch das gemeinschaftliche Auftreten mehrerer vertikaler Prismen und der Endflächen $\infty \breve{P} \infty$ und $\infty \bar{P} \infty$ kann ein rhombischer Krystall fast abgerundet säulenförmig erscheinen. Dies ist oft der Fall bei dem Seignettesalz (weinsauren Natron-Kali), wo die Säule gewöhnlich gebildet wird durch $\infty P . \infty \bar{P} 2 . \infty \breve{P} \infty . \infty \bar{P} \infty$. Fig. 270 stellt diese Formen in Verbindung mit anderen Flächen (vergl. §. 272) perspectivisch, Fig. 56 im basischen Querschnitt dar (das Verhältniss der Brachydiagonale zur Makrodiagonale ist bei diesem Salz wie 0,83 : 1).

In ähnlicher Weise combiniren sich die verschiedenen §. 267.
brachydiagonalen Domen unter einander, und ebenso die verschiedenen makrodiagonalen. Irgend ein brachydiagonales (oder makrodiagonales) Doma wird an denjenigen Kanten, durch welche die Hauptaxe geht, zugeschärft durch ein stumpferes (mit relativ kleinerer Hauptaxe versehenes) Doma, an den Kanten, durch welche die Nebenaxe geht, hingegen durch ein schärferes Doma derselben Art. — Die Combinationskanten zwischen $\breve{P} \infty$ und $\infty \breve{P} \infty$ der Fig. 270 dargestellten Form

*) Modell 38 zeigt $P . \infty P$ für Topas, Modell 40 $P . \infty P . \infty \breve{P} 2$; werden in letzterer Combination die Flächen $\infty \breve{P} 2$ so vorherrschend, dass sie ∞P ganz verdrängen, so entsteht die Form Modell 41: $P . \infty \breve{P} 2$.

des Seignettesalzes sind abgestumpft durch ein schärferes brachydiagonales Doma, $2\breve{P}\infty$; wären die Combinationskanten zwischen $\breve{P}\infty$ und $0P$ abgestumpft, so gehörten die Abstumpfungsflächen zu einem stumpferen brachydiagonalen Doma ($m\breve{P}\infty$, wo $m<1$).

§. 268. An den Enden eines vertikalen Prisma's bildet ein brachydiagonales Doma Zuschärfungen, wobei die Zuschärfungsflächen auf den im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Prismakanten*) gerade aufgesetzt sind; und ein makrodiagonales Doma bildet daran Zuschärfungen, wobei die Zuschärfungsflächen auf den im brachydiagonalen Hauptschnitt liegenden Prismakanten gerade aufgesetzt sind. Fig. 277 zeigt als Beispiel für das Erstere eine Combination $\infty P.\breve{P}\infty$, ähnlich wie sie an den Krystallen des Codeïns, des neutralen oxalsauren Ammoniumoxyds u. a. gewöhnlich ist, Fig. 278 für das Letztere die Combination $\infty P.\bar{P}\infty$, die gewöhnliche Form des ameisensauren Baryts. Auch verschiedene Domen derselben Art können sich mit einem vertikalen Prisma in Combination finden; Fig. 268 zeigt eine Form des Salpeters: $\infty P.\infty\breve{P}\infty.\breve{P}\infty.2\breve{P}\infty$, Fig. 261 eine des schwefelsauren Kali's: $P.\infty\breve{P}2.\breve{P}\infty.3\breve{P}\infty$.

Denkt man sich in Fig. 277 oder 278 die Flächen der horizontalen Domen ($\breve{P}\infty$ oder $\bar{P}\infty$) vorherrschender werden, so dass sich die oberen und die unteren Flächen in Punkten berühren, so entstehen Formen, welche man früher als Rektangulärоktaëder bezeichnete, nämlich als pyramidenförmige Gestalten, deren Basis ein Rechteck sei. Dass aber eine solche Gestalt keine einfache Form ist, ergiebt sich daraus, dass ihre 8 Flächen nicht sämmtlich gleichartig sind. Alle Flächen sind zwar gleichschenklige Dreiecke, aber 4 (zu dem Prisma gehörige) sind von den anderen 4 (zu dem Doma gehörigen) den Winkeln nach verschieden. Ebenso sind die vier Kanten, welche die rektanguläre Basis der anscheinenden Pyramide bilden, nicht gleichartig; zwei sich gegenüber liegende lassen sich z. B. mittelst Spaltung durch Flächen ersetzen, ohne dass an den zwei zwischenliegenden Dasselbe in gleicher Weise ausführbar ist, und die Flächen stossen in den ersteren unter einem anderen Winkel zusammen als in den letzteren. Diese Merkmale

*) Oder auf den sie ersetzenden Flächen $\infty\breve{P}\infty$. Modell 44 zeigt eine gewöhnliche Form des Arragonits: $\infty P.\infty\breve{P}\infty.\breve{P}\infty$.

reichen hin, die pyramidenähnliche Combination eines vertikalen Prisma's und eines Doma's von dem Regulär-oktaëder oder einer quadratischen Pyramide, womit man sie verwechseln könnte, mit Sicherheit unterscheiden zu lassen.

Auch zwei Domen (ein makrodiagonales und ein brachydiagonales) können eine solche pyramidenähnliche Combination mit rektangulärer Basis hervorbringen; denkt man sich in Fig. 275, einer Form des Schwerspaths, die Flächen $\infty\breve{P}2$ weg, und die von $\bar{P}\infty$ so vergrössert, dass sich die rechts und (in der Zeichnung nicht sichtbaren) links liegenden in Punkten berühren, so entsteht gleichfalls eine solche Combination, welche von dem Oktaëder oder einer Pyramide zu unterscheiden und überhaupt als eine nicht einfache Form zu erkennen, nach dem Vorhergehenden leicht ist.

Uebrigens ist es gewissermassen zufällig, wenn ein Prisma und ein Doma, oder zwei Domen, in dieser Art im Gleichgewicht auftreten. Meist herrschen die Flächen Einer einfachen Form in diesen Combinationen so vor, dass der rhombische Charakter derselben schon dadurch wahrscheinlich wird (vergl. indess §. 84 und §. 159).

Endlich finden sich noch Combinationen von vertikalen §. 269.
Prismen mit brachydiagonalen und mit makrodiagonalen Domen. Fig. 285 zeigt eine solche an der Citronensäure vorkommende Form $\infty P.\breve{P}\infty.\bar{P}\infty$. In dieser Figur sind $\breve{P}\infty$ und $\bar{P}\infty$ im Gleichgewicht gezeichnet; eine solche Combination könnte (wenn die Winkel von ∞P wenig von 90° abweichen) verwechselt werden mit $P.\infty P\infty$ des quadratischen Systems (Fig. 192) oder $P.\infty P\infty.\infty\bar{P}\infty$ des rhombischen (Fig. 282 ohne $\breve{P}\infty$). Es ist leicht einzusehen, welche Flächen und Kanten der zweifelhaften Form in dem einen oder dem anderen dieser Fälle gleichartig sein müssten, und wie sich hiernach das System, in welches sie gehört, bestimmt.

Meistens zeigen sich in einer solchen Combination alle drei einfache Formen in verschiedener Ausdehnung *). Zeigten sie

*) Modell 42 zeigt (für die Axenverhältnisse des Topases und sich an Modell 38 bis 41 anschliessend) eine Combination $\infty P.\bar{P}\infty.\breve{P}\infty$, wenn das an ihr am meisten vorherrschende Prisma als ∞P angenommen wird.

sich sämmtlich im Gleichgewicht (d. h. wären in Fig. 285 die Flächen ∞P weniger vorherrschend, so dass die oberen und die unteren Flächen $\breve{P}\infty$ oder $\bar{P}\infty$ sich in Punkten berührten), so könnte die Combination, ausser mit den eben genannten Formen des quadratischen und des rhombischen Systems, vielleicht mit dem regulären Rhombendodekaëder Aehnlichkeit haben, würde sich aber auch durch die Ungleichartigkeit der Flächen und der Kanten, welche bei dem Rhombendodekaëder gleichartig sind, von diesem bestimmt unterscheiden lassen.

Wenn mit einem Prisma ∞P zwei verschiedene Domen, die wir allgemein als $m\bar{P}\infty$ und $n\breve{P}\infty$ bezeichnen können, combinirt sind, so lässt sich leicht erkennen, ob für sie $m=n$ ist, oder nicht. Im ersteren Fall erscheinen die Flächen des untergeordneteren Doma's (oder beider, wenn sie im Gleichgewicht auftreten) als Rhomben, oder jede Domafläche bildet nach dem anderen Doma und nach dem Prisma ∞P zu parallele Combinationskanten (vergl. Fig. 285, welche $\infty P.\breve{P}\infty.\bar{P}\infty$ für Citronensäure, oder Modell 42, welches $\infty P.\bar{P}\infty.\breve{P}\infty$ vorstellt; in beiden Beispielen ist für die Domen $m\bar{P}\infty$ und $n\breve{P}\infty$ $m=n$, nämlich $=1$). Im anderen Fall findet dieser Kantenparallelismus nicht statt.

Vergleicht man die Pyramide P des rhombischen Systems der Pyramide P des quadratischen, so ersieht man, dass im ersteren $\breve{P}\infty$ und $\bar{P}\infty$ zusammen ebenso auftreten, wie $P\infty$ im quadratischen, nämlich als Abstumpfung der Endkanten von P. Wie dann im quadratischen System $\frac{1}{2}P$ wiederum die Endkanten von $P\infty$ abstumpft, so stumpft im rhombischen $\frac{1}{2}P$ die nach der Hauptaxe hin sich erstreckenden Combinationskanten von $\breve{P}\infty$ und $\bar{P}\infty$ ab; es wird dieses durch eine ganz entsprechende Betrachtung deutlich, wie sie in Fig. 34 und im §. 143 bei der Besprechung des quadratischen Systemes geführt wurde. An der in Fig. 285 dargestellten Combination z. B. könnten die Combinationskanten zwischen $\breve{P}\infty$ und $\bar{P}\infty$ durch $\frac{1}{2}P$ abgestumpft werden.

§. 270. An sehr vielen rhombischen Krystallen finden sich Pyramiden, Endflächen, Prismen und Domen mit einander. Die Entwickelung dieser Combinationen wird nach dem Vorher-

gehenden leicht sein*). Rhombische Combinationen sind am ersten mit monoklinometrischen zu verwechseln; über die Unterscheidung beider wird §. 324 und an einzelnen Beispielen (§. 279 c, 313, 326, 327) gehandelt werden. Für einige zusammengesetztere Gestalten wollen wir hier noch die Bestimmung der einfachen Formen kurz durchgehen. Zuvor mag noch Einiges darüber bemerkt werden, welche Axe man im Allgemeinen als Hauptaxe und welche Axendimensionen man als die für die Grundform gültigen nehmen soll.

Während in dem quadratischen und dem hexagonalen System — den Systemen mit absoluter Hauptaxe (§. 46) — die Natur selbst diese zu erkennen giebt, indem hier die Flächen in Beziehung auf die Hauptaxe unverkennbar vorzugsweise symmetrisch geordnet sind, beruht die Annahme der Hauptaxe in dem rhombischen System auf Willkür; keine der drei Axen ist hier an und für sich vor den anderen ausgezeichnet, und an derselben Substanz betrachten deshalb auch manchmal verschiedene Beobachter verschiedene Axen als die Hauptaxe. Es ist dies von weniger Bedeutung, denn bei der Beschreibung von Krystallen muss man immer angeben, wie man sich die Axen gestellt denkt und welches Grössenverhältniss man der Grundform beilegt, und während der ganzen Betrachtung muss natürlich diese Voraussetzung ungeändert bleiben.

Wo sich an einer rhombisch krystallisirten Substanz Pyramidenflächen vorfinden, betrachtet man diese als Flächen der Grundform. Wo sich mehrere Pyramiden zeigen, betrachtet man die vorherrschendere als Grundform, wenn nicht die meisten anderen vorkommenden Flächen sich einfacher auf eine andere beziehen lassen. In vielen Fällen werden rhombische Krystalle nur von Prismen und Domen begrenzt, alsdann betrachtet man die vorherrschenden Flächen als zu dem Prisma oder zu den Domen mit der einfachsten Bezeichnung (∞P, $\breve{P}\infty$ oder $\bar{P}\infty$) gehörig, bestimmt unter dieser Voraussetzung die Axendimensionen der Grundform, und sieht dann, in welcher Beziehung zu dieser die untergeordneteren Flächen stehen.

*) Der Anfänger wird wohl thun, jedes Modell in der Art dreimal zu bestimmen, dass er nach einander jede Axe als die Hauptaxe annimmt.

Als Hauptaxe wird man meistens am Besten diejenige Axe wählen, in deren Richtung ein Krystall vorzugsweise ausgebildet ist, oder parallel welcher sich die meisten Kanten vorfinden; auch danach richtet man sich manchmal, an welchem Ende Krystalle aufgewachsen zu sein pflegen, indem man das vollständig ausgebildete Ende gern als das obere betrachtet. Zeigt eine Substanz nur Pyramidenflächen, so werden diese natürlich als zu P gehörig betrachtet, und die zwei Axen, welche sich hinsichtlich der Grösse am nächsten gleichkommen, zweckmässig als die Nebenaxen, die hinsichtlich der Grösse am auffallendsten verschiedene aber als die Hauptaxe genommen. Zeigt sie Flächen mehrerer Pyramiden, und sind die Combinationskanten von diesen sich parallel, so stellt man den Krystall so, dass sich die vorherrschende Pyramide als P, die untergeordnetere als mP betrachten lässt. Zeigt ein Krystall nur Eine Pyramide und Eine Art von Endflächen, oder Spaltbarkeit parallel der letzteren, so stellt man ihn am einfachsten so, dass letztere als $0P$ zu bestimmen ist; zeigt er ausser einer Pyramide zwei Arten von Endflächen, so erscheint er symmetrischer gestellt, wenn man die eine als $\infty \breve{P} \infty$, die andere als $\infty P \infty$ deutet.

§. 271. Wo an einem rhombischen Krystall Prismaflächen auftreten, nimmt man in der Regel die Axe, welcher diese Flächen parallel sind, als Hauptaxe; wo sich Prismen in der Richtung mehrerer Axen finden, diejenige, parallel welcher die Flächen am Grössten ausgebildet sind. Bei der Fig. 253 dargestellten Form des Zinkvitriols ist es am natürlichsten, das einzige hier auftretende Prisma als das vertikale Hauptprisma ∞P zu betrachten; dieselbe Stellung giebt man dann auch den Zinkvitriolkrystallen Fig. 254, namentlich da auch an ihnen dieselben Prismaflächen vorherrschend sind. Selbst wenn nur letztere Form dieser Substanz bekannt wäre, würde man doch als Hauptaxe diejenige Axe betrachten, welcher die mit ∞P bezeichneten Flächen parallel sind; nicht etwa die, welcher die mit $P\infty$ bezeichneten parallel sind, da diese nur untergeordnet auftreten.

Krystalle, wie die Fig. 252 dargestellte Form des Schwefels, welche mehrere Pyramiden und ausserdem prismatische (einer Axe parallel gehende) Flächen haben, stellt man in

Rücksicht auf die Pyramiden (wie oben §. 270 angegeben), und nicht in Rücksicht auf die prismatischen Flächen, wenn auch bei der Stellung des Krystalls nach ersterer Rücksicht das Prisma als ein horizontales zu betrachten ist (wie nach der Fig. 252 gezeichneten Stellung). Nur wenn die Prismaflächen bedeutend vorwalten (was aber z. B. bei dem Schwefel nie der Fall ist) und so dem Krystall einen deutlichen prismatischen Habitus geben, betrachtet man sie in einem solchen Fall als zu einem vertikalen Prisma gehörig (oder nimmt man die Hauptaxe so an, dass sie diesen Flächen parallel ist).

Auf Spaltungsrichtungen legt man bei der Betrachtung, welche Axe man zur Hauptaxe wählen soll, gerade soviel Gewicht, wie auf wirklich vorkommende Krystallflächen, und die Grundform nimmt man im Allgemeinen so, dass nach ihr die deutlichere Spaltbarkeit in der Richtung der häufiger vorkommenden und einfachere Zeichen besitzenden Flächen (P, $0P$, $\infty\breve{P}\infty$, $\infty P\infty$, ∞P, $\breve{P}\infty$, $P\infty$) stattfindet, und nicht parallel Flächen mit complicirteren Zeichen.

Mehrere der eben angegebenen Regeln verlieren in der Praxis dadurch an Sicherheit, dass verschiedene Krystalle derselben Substanz manchmal in verschiedenen Richtungen prismatisch ausgebildet sind, obgleich sie an und für sich dieselbe Combination darstellen (vergl. §. 275). In diesem Fall entscheidet manchmal die Ueberlegung, in der Richtung welcher Axe vorzugsweise bei der fraglichen Substanz prismatische Ausbildung statt hat, und diese wird dann als Hauptaxe betrachtet; manchmal aber auch der Umstand, in der Richtung welcher Axe die zufällig zuerst untersuchten und beschriebenen Krystalle ausgebildet waren, und die Wahl der Hauptaxe, wie sie einmal beliebt wurde, sollte man zur Vermeidung von Verwirrung beibehalten, wenn nicht triftige andere Gründe eine andere Stellung räthlich machen. Indessen ist doch die Zahl der rhombisch-krystallisirenden Substanzen sehr gross, welche von den Einen in einer, von Anderen in einer anderen Stellung (d. h. wo bald die eine, bald eine andere Ausbildungsrichtung als Hauptaxe genommen wird) betrachtet und beschrieben werden. Natürlich aber muss Jeder die einmal von ihm als Hauptaxe angenommene Axe auch in denjenigen Krystallen als solche

betrachten, welche in einer anderen Richtung vorzugsweise ausgebildet sind.

Ebenso, wie verschiedene Krystalle Einer Substanz, hat man in dieser Beziehung verschiedene Krystalle verschiedener Substanzen aufzufassen, wenn sie in Eine Gruppe isomorpher Körper gehören (vergl. §. 276).

§. 272. Ohne Rücksicht auf Winkelmessungen möge die Bestimmung einiger Krystallformen noch besprochen werden. Viele der auf Tafel XIII. und XIV. gezeichneten rhombischen Combinationen sind schon in dem Vorhergehenden genugsam erläutert, aber wiederholtes Durchgehen derselben und Bestimmen ihrer Flächen nach der Lage der Combinationskanten ist nicht genug anzurathen. Bei diesen Uebungen kann man die Veränderungszahlen in den Zeichen ($\infty \breve{P} 2$, $2 \breve{P} \infty$ z. B. in Fig. 280) unbekannt (dafür $\infty \breve{P} n$, $m \breve{P} \infty$) setzen; nur muss man bestimmen, ob sie grösser oder kleiner als 1 sind.

In der Fig. 270 nach den vorderen Flächen dargestellten Combination des Seignettesalzes nehmen wir als Hauptaxe die Richtung, in welcher der Krystall säulenförmig (prismatisch) ausgebildet ist, und als Grundform die einzige daran vorkommende Pyramide P*). Wir denken ihn uns so gestellt, dass die schärferen Endkanten, welche das Zusammenstossen der Pflächen bilden würde, (also die Makrodiagonale) dem Beobachter zugewendet sind. — Unter den vertikalen Flächen werden dann die zu ∞P gehörigen leicht daran erkannt, dass die Combinationskanten zwischen ihnen und P horizontal (und je eine obere und eine untere parallel) sind. Die im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Kanten von ∞P sind gerade abgestumpft, was nur durch $\infty \breve{P} \infty$ geschehen kann; dieselbe Lage gegen die im brachydiagonalen Hauptschnitt liegenden Kanten von ∞P haben zwei andere Flächen, welche also $\infty P \infty$ sind. Die Combinationskanten zwischen ∞P und $\infty \bar{P} \infty$ sind abgestumpft, und die Abstumpfungsflächen müssen also einem

*) Richtiger (nach dem in §. 279b Mitgetheilten) sind diese mit P bezeichneten Flächen als $+\frac{P}{2}$ und $-\frac{P}{2}$ zu bezeichnen, was indessen für die obige Betrachtung ohne Einfluss ist.

vertikalen Prisma $\infty \breve{P}n$, wo $n > 1$, angehören ($\infty P n$, wo $n > 1$, würde die Kanten zwischen $\infty P \infty$ und ∞P abstumpfen). — Die basische Endfläche $0P$ lässt sich nicht verkennen. — An der Stelle der im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten von P zeigen sich Flächen zweier brachydiagonalen Domen; das eine bildet mit den zwei anliegenden Flächen von P parallele Combinationskanten und ist also $\breve{P}\infty$ (§. 261), das andere hingegen bildet Combinationskanten mit P, welche nach den Enden des Krystalls zu convergiren, und ist also $m\breve{P}\infty$, wo $m > 1$.

§. 273. Die Krystalle des schwefelsauren Kali's haben sehr verschiedenen Habitus, welcher Fig. 54 und 257 bis 262 dargestellt ist; in den meisten Fällen sind die Krystalle prismatisch vorzugsweise in der Richtung ausgebildet, welche in diesen Zeichnungen als die senkrechte, d. h. als die Hauptaxe, angenommen ist. Die verschiedenen Combinationen $P.\infty\breve{P}n$ (wo $n > 1$, und zwar hier $= 2$), Fig. 54, 257 und 258, wurden schon §. 260 besprochen. In Fig. 259 ist mit den genannten Formen noch $\infty\breve{P}\infty$ und $\breve{P}\infty$ combinirt, welche letztere Flächen sich leicht bestimmen lassen durch die Betrachtung, welche Kanten der einfacheren Combination Fig. 54 sie abstumpfen, und wie die Combinationskanten liegen (hinsichtlich der Bestimmung von $\breve{P}\infty$ vergl. auch §. 261). In Beziehung auf die Aehnlichkeit dieser Combination mit $P.\infty P$ des hexagonalen Systems und ihre Unterscheidung davon vergl. §. 260 und 265. Wäre nur diese einzige Form, Fig. 259, an dem schwefelsauren Kali bekannt, so würden wir eine andere Axe als Hauptaxe wählen, nämlich die Fig. 259 als Brachydiagonale angenommene, weil in der Richtung von dieser der hier gezeichnete Krystall vorzugsweise prismatisch ausgebildet ist. Wir thun dies nicht, weil eine ganz ähnliche Combination Fig. 260 (dieselbe wie Fig. 259, nur ohne $\breve{P}\infty$) auch oft vorkommt, wo die der hier angenommenen Hauptaxe parallelen Flächen $\infty\breve{P}2$ und $\infty\breve{P}\infty$ die bei weitem vorherrschenden und den säulenförmigen Habitus hervorbringenden sind. In Fig. 261 ist die Grundform P mehr zurückgedrängt, aber doch noch deutlich genug vorhanden, um erkennen zu lassen, dass das vorherrschende brachydiagonale Doma Combinationskanten mit P bildet, welche dem makrodiagonalen Hauptschnitt (und unter sich) parallel sind,

und dass dieses Doma also $P\infty$ ist (vergl. §. 261). Ausser den vorherrschenden Flächen des vertikalen Prisma's $\infty P2$ kommen an dieser Combination noch kleine dreieckige Flächen vor, welche offenbar zu einem brachydiagonalen Doma gehören, und zwar zu einem schärferen, als $\breve{P}\infty$ ist; das Zeichen dieses Doma's ist also zunächst $m\breve{P}\infty$ ($m>1$), durch Winkelmessung und Rechnung findet man $m=3$. — Fig. 262 zeigt endlich P in Combination mit $\breve{P}\infty$, $\infty\breve{P}\infty$, $\infty\bar{P}\infty$, welche Flächen sich sämmtlich jetzt leicht bestimmen, und zwei vertikalen Prismen; von diesen wird eins als das Hauptprisma ∞P daran erkannt, dass seine Combinationskanten mit P dem basischen Hauptschnitt parallel oder horizontal sind; das andere Prisma bestimmt sich dann als $\infty\breve{P}n$, und zwar ist es das bei dem schwefelsauren Kali fast nie fehlende Prisma $\infty\breve{P}2$.

§. 274. Fig. 263 bis 268 zeigen die gewöhnlicheren Combinationen des Salpeters. Die Combinationen Fig. 263 und 264, ihre Aehnlichkeit mit P und $P.\infty P$ des hexagonalen Systems so wie ihre Unterscheidung von diesen, wurden schon §. 262 und 264 besprochen. Ebenso wie Fig. 264 zeigt auch Fig. 265 die Combination $P.\infty P.\infty\breve{P}\infty.2\breve{P}\infty$; an letzterer bestimmen sich die Flächen $P.\infty P.\infty\breve{P}\infty$ leicht, die Flächen $2\breve{P}\infty$ aber als zu einem schärferen brachydiagonalen Doma $mP\infty$ (wo $m>1$) gehörig daran, dass sie auf $\infty\breve{P}\infty$ gerade aufgesetzt sind und dass sie mit P Combinationskanten bilden, welche nach den Enden des Krystalls zu convergiren (§. 262). In Fig. 266 zeigen sich ausser den soeben betrachteten Flächen auch noch solche eines brachydiagonalen Doma's, welche mit P parallele Combinationskanten bilden, und also $\breve{P}\infty$ sind (§. 261). Fig. 267 und 268, zwei sehr gewöhnliche Formen des Salpeters, sind dieselben wie Fig. 265 und 266, nur ohne Pflächen.

§. 275. Es wurde oben (§. 271) erinnert, dass verschiedene Krystalle derselben Substanz manchmal in verschiedenen Richtungen prismatisch ausgebildet sein können. Wählt man z. B. für das Quecksilberchlorid nach der Betrachtung der Krystalle, welche aus alkoholischer Lösung dieser Substanz sich bilden, als Hauptaxe diejenige Richtung, in welcher diese Krystalle prismatisch ausgebildet sind, so tritt, bei Beibehaltung der nun gemachten Annahme welche Axe als Hauptaxe zu betrachten sei, für die durch Sublimation erhaltenen Krystalle derselben

Substanz der Uebelstand ein, dass sie nicht in Richtung der Hauptaxe sondern in Richtung der nach jener Annahme als Makrodiagonale zu bezeichnenden Axe lang prismatisch ausgebildet sind; und wollte man umgekehrt die Richtung, in welcher die letzteren Krystalle prismatisch ausgebildet sind, als Hauptaxe betrachten, so wäre für die ersteren derselbe Uebelstand vorhanden, dass man sie auch als in der Richtung einer Nebenaxe (wieder der Makrodiagonale) prismatisch ausgebildet betrachten müsste. (Vergl. §. 289.)

Eins der lehrreichsten Beispiele, nach wie verschiedenen Richtungen die Krystalle einer und derselben Substanz prismatisch ausgebildet sein können, liefert der Schwerspath. Fig. 271 zeigt eine Combination desselben; die Stellung, wie sie in dieser Zeichnung vorausgesetzt ist, wird dadurch gerechtfertigt, dass parallel der hier angenommenen Hauptaxe prismatische Ausbildung vorhanden ist und noch mehrere andere in dieser Richtung sich erstreckende Prismen an anderen Krystallen vorkommen. Betrachtet man sodann die Pyramidenflächen P als die Grundform, so bestimmen sich die Domen, welche die schärferen und die stumpferen Endkanten von P gerade abstumpfen, als $\breve{P}\infty$ und $P\infty$, das vertikale Prisma aber, dessen Flächen mit P nicht parallele Combinationskanten bilden, als ein secundäres, und zwar*) als ∞Pn (wo $n>1$), welches durch Winkelmessung und Rechnung genauer als $\infty\breve{P}2$ ermittelt wird; $\infty P\infty$ bestimmt sich aus seiner Lage zu $\breve{P}\infty$ leicht. Die so bestimmten Flächen $\infty\breve{P}2$, $\infty P\infty$, $\breve{P}\infty$, $P\infty$ kommen nun auch allein unter sich combinirt vor, und bilden Formen von sehr verschiedenem Habitus. In Fig. 272 waltet $\infty\breve{P}2$, in Fig. 273 $\breve{P}\infty$, in Fig. 274 $\bar{P}\infty$ vor; oder in Fig. 272 ist die Combination prismatisch nach der Hauptaxe, in Fig. 273 nach der Brachy-

*) Ist P mit einem secundären Prisma $\infty\breve{P}n$ (wo $n>1$) combinirt, so divergiren die von einer Fläche $\infty\breve{P}n$ mit P gebildeten Combinationskanten nach dem makrodiagonalen Hauptschnitt hin; ist hingegen das secundäre Prisma $\infty\bar{P}n$ (wo $n>1$), so convergiren sie nach diesem Hauptschnitt zu. Vergl. Fig. 271, wo man die Combinationskanten zwischen P und $\infty\breve{P}2$ (für Schwerspath) sieht, mit Fig. 270, welche die Lage der Combinationskanten zwischen P und $\infty\bar{P}2$ (für Seignettesalz) zeigt.

diagonale, in Fig. 274 nach der Makrodiagonale verlängert. Wären nur Schwerspathkrystalle von der Form Fig. 273 bekannt, so würde man die hier als Brachydiagonale gezeichnete Axe als Hauptaxe betrachten; kennte man nur Schwerspathkrystalle, wie sie Fig. 274 zeigt, so würde man allgemein die hier als Makrodiagonale angenommene Axe zur Hauptaxe nehmen *). Man mag hier als Hauptaxe eine Axe wählen, welche man will, so giebt es Krystalle, welche nach einer der Nebenaxen prismatisch verlängert sind. Fig. 275 ist eine ähnliche Combination, wie Fig. 273, aber ohne die Flächen $\infty\breve{P}\infty$; $\breve{P}\infty$ bildet auch in Fig. 275 das vorherrschende Prisma, $\bar{P}\infty$ ist aber stärker ausgebildet, $\infty\breve{P}2$ hingegen zurückgedrängter, als in Fig. 273.

§. 276. Schon oben (§. 271) wurde erinnert, dass die Wahl einer Grundform und der Hauptaxe für eine Substanz nicht allein bindend ist für die Betrachtung aller Krystalle dieser Substanz, sondern auch für die der mit dieser Substanz isomorphen Körper. Die Wahl der Hauptaxe und der Grundform, wie sie nach dem Vorhergehenden für den Schwerspath (BaO, SO_3) als eine zweckmässige erkannt wurde, ist dann auch bindend für die Betrachtung der Krystalle des Cölestins (SrO, SO_3). Die meisten Krystalle des Cölestins sind nun ähnlich ausgebildet, wie die in der Richtung der Brachydiagonale prismatisch verlängerten Schwerspathkrystalle (z. B. ähnlich Fig. 275), aber man darf nicht deshalb an den ersteren Krystallen diejenige Richtung als die der Hauptaxe annehmen, welche wir an den letzteren als die der Brachydiagonale betrachten. Es entsteht so freilich der Uebelstand, dass man bei dem Cölestin eine Axe als Hauptaxe annimmt, in deren Richtung die Krystalle selten prismatisch ausgebildet sind, aber dafür ersieht man schon aus der Angabe der Axenverhältnisse (vergl. §. 294), dass Beziehungen der Aehnlichkeit zwischen den Krystallformen beider Substanzen obwalten, und krystallographisch übereinstimmende Flächen erhalten dann auch übereinstimmende Zeichen.

---

*) Die hier als Makrodiagonale angenommene Axe wird in der That von Vielen als Hauptaxe genommen.

Verzerrungen der rhombischen Formen.

§. 277. Auch in diesem Systeme finden sich die Krystalle gewöhnlich nicht mit vollkommener Regelmässigkeit ausgebildet, sondern mehr oder weniger verzerrt. Die Verzerrungen beruhen auch hier auf ungleicher Ausbildung gleichartiger Flächen, oder darauf, dass einzelne Flächen gänzlich fehlen, deren gleichnamige vorhanden sind.

Die gewöhnlichste Verzerrung der rhombischen Krystalle geht daraus hervor, dass die 4 Flächen eines Prisma's nicht gleich gross ausgebildet sind, sondern zwei sich gegenüberliegende viel grösser als die zwischenliegenden; d. h. daraus, dass eine Prismafläche eine kleinere Centraldistanz hat, als die drei anderen. Ein rhombisches Prisma ∞P, welches ganz regelmässig ausgebildet einen Querschnitt haben sollte, wie ihn Fig. 57**a** zeigt (die punktirten Linien bedeuten die Nebenaxen), zeigt sich weit häufiger mit einem Querschnitt, wie ihn Fig. 57**b** darstellt. Im letzteren Fall ist das rhombische Prisma zu einem rhomboidischen verzerrt; und in einem solchen verzerrten Prisma ist die Lage der Nebenaxen keineswegs durch die Diagonalen des Querschnitts gegeben, sondern durch die Richtungen, welche die Kantenwinkel des Prisma's halbiren. An einem solchen verzerrten rhombischen Prisma erkennt man die ungleich ausgebildeten Prismaflächen daran als gleichartig, dass sie sich krystallographisch gleich verhalten; die Spaltbarkeit, findet sie überhaupt parallel den Prismaflächen statt, lässt sich parallel einer kleineren Prismafläche ebenso wie parallel einer grösseren ausführen. Wird eine Kante eines so verzerrten Prisma's abgestumpft, so ist die Abstumpfungsfläche gegen die beiden anliegenden Flächen ∞P unter demselben Winkel geneigt; ist das Prisma an den Enden durch ein Doma zugeschärft, so bildet jede Fläche desselben mit den beiden anliegenden Prismaflächen gleich grosse Combinationskantenwinkel.

§. 278. Die in Combination mit einem so verzerrten Prisma auftretenden Flächen erscheinen dann auch anders, als bei ideal regelmässiger Ausbildung. In der Combination ∞P. $0P$*) er-

*) Modell 51 lässt sich als diese verzerrte Combination bestimmen.

scheint alsdann $0P$ nicht als eine rhombische sondern als eine rhomboidische Fläche (hinsichtlich einer leicht möglichen Verwechslung vergl. §. 315). — Denkt man sich an der Fig. 277 dargestellten Combination $\infty P.\ \breve{P}\infty$ eine Fläche ∞P (z. B. die vorn rechts liegende) dem Mittelpunkt näher gerückt, so wird diese Combination so verzerrt wie es Fig. 286 zeigt; die hinteren Flächen $\breve{P}\infty$ erscheinen jetzt nicht mehr als gleichschenklige Dreiecke, sondern unregelmässig viereckig, aber jede von ihnen ist auch jetzt noch unter demselben Winkel gegen die zwei anstossenden Flächen ∞P geneigt. — Eine Combination $P.\ \infty P$ erscheint von oben (in der Richtung der Hauptaxe) betrachtet etwa wie Figur 57c; ist ∞P in der angegebenen Weise verzerrt, so nimmt gewöhnlich auch die Pyramide an der Verzerrung Antheil und einige ihrer Flächen sind vergrössert, so dass sie von oben betrachtet erscheint, wie es Fig. 57d zeigt.

Das Vorwalten einzelner Flächen einer einfachen Form findet manchmal mit einer gewissen Regelmässigkeit statt. Es zeigen sich mitunter an der Combination $\infty P.\ P$ (Fig. 253) 4 in Einer Zone liegende (zwei sich gegenüberliegende obere und die parallelen beiden unteren) Pyramidenflächen sehr vergrössert, die anderen 4 sehr zurückgedrängt; die Combination hat dann das Ansehen einer Form aus dem folgenden System, bei deren Betrachtung (§. 326) diese Aehnlichkeit noch einmal besprochen werden wird (vergl. auch §. 279c). — Der Salpeter zeigt manchmal die Combination $P.\frac{1}{2}P.\infty P.\infty\breve{P}\infty$, aber von den Pyramidenflächen sind nur diejenigen vorhanden, welche auf Einer Seite des brachydiagonalen Hauptschnitts liegen. Fig. 269 zeigt das Aussehen dieser Krystalle; meistens sind sie nur an einem Ende ausgebildet, und mit dem anderen aufgewachsen, aber wo an den zwei Enden ausgebildete Krystalle beobachtet werden konnten, zeigten sie immer nur die auf Einer Seite des brachydiagonalen Hauptschnitts liegenden Flächen von P und $\frac{1}{2}P$.

Hemiëdrische Formen und Combinationen derselben.

§. 279a. Die rhombischen Pyramiden können Hemiëdrien bilden, durch Wachsen der abwechselnden Flächen bis zum Verschwinden der zwischenliegenden, also ganz nach demselben Gesetz, nach welchem aus dem Regulär-oktaëder das Tetraëder

(§. 101), aus einer quadratischen Pyramide ein quadratisches Sphenoid (§. 160) wird. Die hemiëdrischen Formen, welche auf diese Art aus rhombischen Pyramiden entstehen können, werden als rhombische Sphenoide bezeichnet; jedes rhombische Sphenoid ist begrenzt durch vier ungleichseitige Dreiecke, und von den sechs Kanten desselben sind nur je zwei gegenüberliegende (die sich aber nicht parallel sind) unter sich gleichartig, was die Unterscheidungsmerkmale von den eben genannten ähnlichen hemiëdrischen Formen des regulären und des quadratischen Systems abgiebt.

Die zwei, als $+\frac{O}{2}$ und $-\frac{O}{2}$ bezeichneten Tetraëder, welche sich von dem Regulär-oktaëder O ableiten, sind nur ihrer Stellung nach verschieden, oder sie sind congruente hemiëdrische Formen (vergl. §. 120b); ebenso die zwei, als $+\frac{P}{2}$ oder $-\frac{P}{2}$ bezeichneten quadratischen Sphenoide, welche sich von einer quadratischen Pyramide P ableiten. Die zwei rhombischen Sphenoide, $+\frac{P}{2}$ und $-\frac{P}{2}$, welche sich aus derselben rhombischen Pyramide P ableiten, sind hingegen nicht nur der Stellung, sondern auch der Form nach verschieden; sie sind nicht congruente hemiëdrische Formen. Fig. 430 und 431 zeigen die beiden Sphenoide, welche sich von derselben rhombischen Pyramide (der schattirt eingezeichneten) ableiten; beide zeigen dieselben Begrenzungselemente, aber in verschiedener Ordnung an einander gereiht; das eine Sphenoid kann in keiner Weise so gedreht werden, dass es gerade so aussähe wie das andere; das eine Sphenoid ist nicht das Ebenbild, sondern es ist das Spiegelbild des anderen. Wir nennen, dem Früheren entsprechend, $+\frac{P}{2}$ dasjenige Sphenoid, bei dessen Ableitung aus der Pyramide P (diese stets mit der Makrodiagonale auf den Beobachter zu gerichtet gedacht) die Pyramidenfläche oben vorn rechts unter den wachsenden Flächen ist; $-\frac{P}{2}$ dasjenige Sphenoid, bei dessen Ableitung aus der Pyramide P die Pyramidenfläche oben vorn links unter den wachsenden ist.

Die rhombischen Sphenoide zeigen sich an chemischen

Präparaten nicht ganz selten. In einer Combination mit ∞P tritt ein solches sehr gewöhnlich an dem Bittersalz ($MgO, SO_3 + 7HO$) auf. Fig. 253 zeigt die Grundform P dieses Salzes combinirt mit ∞P. Denkt man sich die abwechselnden Pflächen bis zum Verschwinden der zwischenliegenden vergrössert und die Flächen von ∞P wachsend, bis der Raum wieder vollständig geschlossen ist, so entsteht die gewöhnlichste Form des Bittersalzes $\infty P.+\frac{P}{2}$ (Fig. 255)*). Diese Combination wird, vollständig ausgebildet, sehr leicht daran erkannt, dass die oben und unten an den Enden des Prisma's befindlichen (von je zwei $\frac{P}{2}$flächen gebildeten) Kanten nicht parallel sondern in verschiedenen Richtungen liegend sind; ist ein solcher Krystall indess nur an Einem Ende ausgebildet, so ist Verwechslung mit einer anderen Form leichter möglich (vergl. §. 312). An dem Zinkvitriol, welcher mit dem vorgenannten Salze isomorph ist, zeigt sich diese Hemiëdrie gleichfalls, aber hier ist die Grundform P gewöhnlich in zwei Sphenoide zerfallen, die beide vorhanden sind und wo die Flächen des einen vorherrschend, die des andern untergeordnet auftreten. Fig. 256 zeigt die bei dem Zinkvitriol häufige Form $\infty P.\infty \breve{P}\infty.+\frac{P}{2}.-\frac{P}{2}$. — Es scheint indessen, dass sowohl bei dem Bittersalz als bei dem Zinkvitriol nicht immer dasselbe der beiden aus P sich ableitenden Sphenoide ausschliesslich oder vorherrschend auftritt, sondern bald $+\frac{P}{2}$ (welches an dem oberen Ende einer schärferen Kante von ∞P eine Fläche oben vorn rechts vom Beobachter zeigt, wie in Fig. 255 u. 256), bald $-\frac{P}{2}$ (welches an dem oberen Ende einer schärferen Kante von ∞P eine Fläche oben vorn links vom Beobachter zeigt, und bei dessen alleinigem oder vorherrschendem Auftreten die Combinationen die Spiegelbilder von Fig. 255 u. 256 sind).

*) Modell 38 zeigt eine Combination $\infty P.P$, Modell 43 die Combination $\infty P.\frac{P}{2}$, welche aus der ersteren auf die oben angegebene Weise entsteht.

Auch an dem Weinstein (sauren weinsauren Kali) kommt solche hemiëdrische Ausbildung vor, und zwar zeigen die Krystalle bald das Sphenoid $+\frac{P}{2}$, bald das Sphenoid $-\frac{P}{2}$ vorherrschend. Fig. 432 zeigt $P.\infty P.\infty \breve{P}\infty$; wie diese Combination bei gleichmässiger Ausbildung aller Flächen von P aussehen würde; gewöhnlich aber sehen die Krystalle aus wie Fig. 433 oder wie Fig. 434, wozu dann meist noch einige andere, untergeordneter auftretende Flächen kommen. — Auch an dem Asparagin zeigt sich die Grundform P hemiëdrisch auftretend; an der Combination $\infty P.0P.\infty \breve{P}\infty.\breve{P}\infty.2\breve{P}\infty$ tritt bald das Sphenoid $\frac{P}{2}$ oben vorn rechts (wie in Fig. 437) und an 3 andern Combinationskanten zwischen $0P$ und ∞P auf, bald oben vorn links und an 3 andern Combinationskanten (Fig. 438). — An dem ameisensauren Strontian zeigen sich, an der vorherrschenden Combination $\infty P.\infty \breve{P}\infty.\breve{P}\infty$, die beiden Pyramiden P und $2\breve{P}2$ sphenoidisch-hemiëdrisch, aber von beiden kommen immer die entgegengesetzten Sphenoide an demselben Krystall vor, bald $+\frac{P}{2}$ und $-\frac{2\breve{P}2}{2}$ (wie in Fig. 435), bald $-\frac{P}{2}$ und $+\frac{2\breve{P}2}{2}$ (wie in Fig. 436).

Das Auftreten des einen oder des andern der beiden aus einer rhombischen Pyramide sich ableitenden Sphenoide giebt manchmal ein Unterscheidungsmerkmal ähnlicher, aber doch verschiedner Substanzen ab. Neutralisirt man z. B. Traubensäure zur Hälfte mit Natron, zur Hälfte mit Ammoniak und lässt die gemischte Flüssigkeit krystallisiren, so bilden sich Krystalle von ähnlicher Form wie das in §. 272 besprochene und durch Fig. 270 dargestellte Seignettesalz, welche aber bei näherer Betrachtung unter sich doch Verschiedenheiten zeigen. Die Krystalle, Fig. 439 und 440, haben als Uebereinstimmendes die Säulenform, hervorgebracht durch ∞P, $\infty \breve{P}2$, $\infty \breve{P}\infty$ und $\infty P\infty$, die Begrenzung an den Enden der Hauptaxe durch 0P, und das Auftreten der zwei Flächen $\breve{P}\infty$ und $2P\infty$ an der Stelle der Combinationskanten zwischen $0P$ und $\infty \breve{P}\infty$. Stellt man nun eine Anzahl Krystalle, die aus jener gemischten Flüssigkeit anschossen, so vor sich, dass jeder oben vorn diese zwei Flächen dem Beobachter zeigt, so sieht man an einzelnen Krystallen §. 279 b.

rechts (Fig. 439), an anderen links (Fig. 440) von diesen zwei Flächen eine andere meist schmale Fläche, welche in Fig. 439 mit $+\frac{P}{2}$, in Fig. 440 mit $-\frac{P}{2}$ bezeichnet ist. Diese letzteren Flächen gehören rhombischen Sphenoiden an; sie sind die Hemiëdrien der in Fig. 270 holoëdrisch auftretend gezeichneten Pyramide *P*. Es ist unmöglich, die Combination mit dem einen Sphenoid (Fig. 439) so zu stellen, dass sie mit der das andere Sphenoid zeigenden Combination (Fig. 440) identisch aussähe. In den zweierlei Formen sind auch zweierlei Substanzen enthalten: die Traubensäure spaltet sich bei der Krystallisation des Natronammoniak-Doppelsalzes. In der Fig. 439 dargestellten Combination sind die Basen mit gewöhnlicher (sogenannter optisch-rechtsdrehender) Weinsäure verbunden, in der Fig. 440 dargestellten mit einer der Weinsäure in chemischer Beziehung ganz entsprechenden, aber durch ihre Krystallform (vergl. §. 336) und ihre Einwirkung auf das polarisirte Licht davon verschiedenen Säure, der sogenannten optisch-linksdrehenden Weinsäure. Bei den entsprechenden Verbindungen dieser beiden Säuren zeigt sich, wenn sie im rhombischen System krystallisiren, im Allgemeinen, dass sie an dem Auftreten entgegengesetzter Sphenoide kenntlich sind. An dem Seignettesalz (rechtsdrehend-weins. Kali-Natron) zeigt sich hingegen gewöhnlich sowohl $+\frac{P}{2}$ als $-\frac{P}{2}$, und diese beiden Formen wurden bei der Besprechung in §. 272 als *P* zusammengefasst.

An Mineralien zeigen sich rhombische Sphenoide nur selten. Untergeordnet kommt ein solches an dem Manganit vor; das hier auftretende leitet sich nicht aus der Grundform *P* dieser Substanz (*P* erscheint hier immer vollflächig), sondern aus einer secundären Pyramide, $^5/_4\breve{P}2$, ab.

§. 279c. Das rhombische Sphenoid ist die geneigtflächige Hemiëdrie einer rhombischen Pyramide. Eine parallelflächige Hemiëdrie, die indessen eine ungeschlossene Form ist, kann sich daraus ableiten, indem von den 8 Flächen der Pyramide 4 in der Richtung einer Endkante sich erstreckende (2 obere in einer Endkante zusammenstossende und die beiden unteren parallelen Flächen) vorherrschend oder allein auftreten. Auch von den Domen treten alsdann die Flächen vorherrschend oder aus-

schliesslich auf, welche den in dieser Art hemiëdrisch vorkommenden Pyramidenflächen anliegen. Der Wolfram wird z. B. von vielen Mineralogen als rhombisch krystallisirend betrachtet und für ihn das Vorkommen dieser Hemiëdrie angenommen. Fig. 441 zeigt für dieses Mineral die Combination $\infty P . \infty \bar{P}2 . \infty \bar{P}\infty . {}^1/_2\bar{P}\infty . \breve{P}\infty . P$, wie sie bei vollständigem und gleichmässigem Auftreten aller Flächen jeder dieser einfachen Formen aussehen würde; fast immer aber sind zwei sich parallele Flächen von ${}^1/_2\bar{P}\infty$ sehr viel grösser als die beiden andern ausgebildet, oder fehlen die letzteren auch gänzlich, und von den 8 Flächen P sind nur 4, von welchen je zwei einer vergrösserten Fläche ${}^1/_2\bar{P}\infty$ anliegen, zu sehen (Fig. 442). Die Krystallform hat alsdann ganz und gar das Ansehen, als ob sie dem folgenden (monoklinometrischen) Systeme angehöre, und viele Mineralogen rechnen so ausgebildete Gestalten dem letzteren Systeme zu (vergl. §. 327).

Auch der optisch-zweiaxige Glimmer wird als rhombisch, aber mit solcher parallelflächiger Hemiëdrie der an ihm auftretenden Pyramiden krystallisirend betrachtet, dass er das Aussehen monoklinometrischer Krystalle hat. An einem rhombischen Prisma ∞P, dessen stumpferer Winkel von 120° nicht merklich verschieden ist, so dass das Auftreten von $\infty\breve{P}\infty$ anscheinend ein hexagonales Prisma*) hervorbringt (vergl. §. 264), zeigen sich $0P$ und verschiedene Pyramiden, z. B. P und $2P$, die Pyramiden aber in der oben beschriebenen Art hemiëdrisch auftretend, P z. B. mit je zwei Flächen oben rechts und unten links, $2P$ hingegen mit je zwei Flächen oben links und unten rechts. Das Aussehen solcher Combinationen trägt noch mehr den Character monoklinometrischer Krystalle, wenn ∞P zurücktritt und die hemiëdrische Form einer der Pyramiden wie ein zu $0P$ schief geneigtes Prisma an dem Krystall vorherrscht. Man betrachtet solche Krystalle als rhombisch, weil die verschiedenen daran hemiëdrisch vorkommenden Pyramiden sich unter dieser Annahme einfach aufeinander beziehen lassen, und weil bei Zwillingskrystallen mit ∞P als Zusammensetzungs-

*) Wahrscheinlich sind auch die Krystalle des s. g. optisch-einaxigen Glimmers (§. 245) nicht hexagonale Formen, sondern hexagonal aussehende rhombische Combinationen.

fläche (vergl. §. 282) die Endflächen $0P$ der mit einander verwachsenen Individuen in Eine Ebene fallen.

Ungleiche Ausbildung an den entgegengesetzten Enden.

§. 280. Wie in dem hexagonalen System (§. 231), so kommen auch in dem rhombischen, aber selten, Krystalle vor, welche an den beiden Enden verschiedenartig ausgebildet sind. So z. B. an dem phosphorsauren Magnesia-Ammoniumoxyd (vergl. §. 293). an dem Topas, an dem Galmei (kieselsauren Zinkoxyd). Fig. 284 zeigt eine solche Form des letzteren Minerals. Nimmt man die den Krystall am einen (in der Figur dem unteren) Ende begrenzende Pyramide als Grundform an, so ist der Krystall prismatisch ausgebildet durch das Vorherrschen von $\infty \breve{P}2$ und $\infty \bar{P} \infty$, und am anderen Ende ist er durch $2\breve{P}\infty$, $\breve{P}\infty$, $0P$, $^3/_2\bar{P}\infty$ (y) und $^1/_2\bar{P}\infty$ (x) begrenzt. — Hierher lässt sich auch rechnen, dass bei dem Salpeter manchmal nur diejenigen Pyramidenflächen sich zeigen, welche zu dem Einen Ende der Brachydiagonale gehören (Fig. 269, vergl. §. 278).

Zwillingskrystalle.

§. 281. Unter den Zwillingskrystallen des rhombischen Systems sind solche mit parallelen Axensystemen (wo die zwei zusammengewachsenen Krystalle eine der drei Arten von Endflächen als Zwillingsfläche gemeinsam haben) so selten, dass hier auf eine Besprechung derselben nicht eingegangen zu werden braucht. Es kann diese Art von Zwillingsbildung nur bei hemiëdrischen Formen stattfinden (vergl. §. 121). Sie ist bis jetzt nur an dem Manganit beobachtet worden.

Häufig sind hingegen Zwillinge, welche durch Krystallindividuen gebildet werden, deren Axensysteme nicht parallel sind. Fast immer haben beide zusammengewachsene Krystalle eine prismatische Fläche (eines vertikalen Prisma's oder eines Doma's) gemeinschaftlich; der eine Krystall erscheint wie um eine Linie, welche rechtwinklig zu dieser prismatischen Fläche ist, um 180° gegen den anderen gedreht.

Bei vielen Krystallen, dem Arragonit, dem Salpeter, dem §. 282.
kohlensauren Bleioxyd (Weissbleierz) u. a., ist die Zusammensetzungs- oder Zwillingsfläche eine Fläche des vertikalen Hauptprisma's ∞P. Fig. 288 zeigt eine gewöhnliche Combination des Arragonits: $\infty P . \infty P\infty . \breve{P}\infty$ *); denkt man sich dieselbe parallel einer Fläche ∞P durchschnitten (wie dies in der Figur durch die punktirten Linien angedeutet ist, wo der Schnitt parallel der Prismafläche links vorn geht) und die eine Hälfte um 180° herumgedreht, so entsteht der Fig. 289 gezeichnete Zwilling (wo $m = \infty P$, $n = \infty \breve{P}\infty$, $s = \breve{P}\infty$, und die accentuirten Buchstaben die Flächen des einen, die nicht accentuirten die des anderen Krystallfragments bezeichnen). Deutlicher noch wird die Stellung zweier so verwachsener Krystallfragmente aus dem Grundriss oder basischen Durchschnitt. Fig. 58a zeigt ihn für $\infty P . \infty P\infty$, und den Schnitt parallel einer Fläche ∞P; Fig. 58b zeigt ihn, nachdem die eine Hälfte gegen die andere um 180° gedreht ist. Der einspringende Winkel (ε in Fig. 58b), welchen zwei Flächen $\infty \breve{P}\infty$ (n' und n, Fig. 289) mit einander bilden, ist bei diesen Krystallen meistens durch Vergrösserung zweier Flächen ∞P verschwunden, wie dies in Fig. 58b durch die schwächeren Linien angedeutet ist. Fig. 291 zeigt das Ansehen eines solchen Arragonitkrystalls, welcher nach seinen vertikalen Flächen als eine sechsseitige Säule erscheint, woran drei Winkel (u, Fig. 58b) = 116°16½', zwei (v) = 121°52', und Einer (w) = 127°27'. Diese sechsseitige Säule kann man sich auch so entstanden denken, als ob zwei Krystalle $\infty P . \infty \breve{P}\infty$ sich mit einer ∞Pfläche zusammengelegt hätten, und zwei Flächen ∞P und zwei Flächen $\infty P\infty$ gewachsen wären bis zum Verschwinden der einspringenden Winkel (vergl. Fig. 59a).

Oefters wiederholt sich diese Art der Zwillingsbildung so, dass alle Zusammensetzungsflächen sich parallel sind, wo denn Aggregate wie Fig. 290 entstehen können. Die mittleren Krystallindividuen sind gewöhnlich schmal, und sind ihrer mehrere zwischen zwei grösseren und in derselben Stellung befindlichen enthalten, so kann der so entstehende Krystall das Ansehen eines ein-

*) Dieselbe Combination, welche Modell 44 darstellt, nur mit stärker ausgebildeten $\infty \breve{P}\infty$ flächen.

fachen haben, welcher nur Streifung parallel den Combinationskanten mit ∞P zeigt (Fig. 288, wo die punktirten Linien die Richtung der Streifung anzeigen).

Bei anderen Krystallen ist die Zwillingsfläche eine Fläche eines horizontalen Prisma's oder Doma's. So bildet das schwefelsaure Kali nicht selten Zwillingskrystalle, wo die beiden Krystallindividuen in einer Fläche von $\breve{P}\infty$ verwachsen sind. Denkt man sich die Combination $\infty\breve{P}2 . P\infty . P$ (Fig. 261 ohne die Flächen $3P\infty$) parallel einer Fläche $P\infty$ (z. B. parallel der oben hinten liegenden) durchschnitten, und die untere Hälfte um 180° gegen die obere verdreht, so entsteht ein Zwillingskrystall, wie ihn Fig. 292 zeigt, und wie er namentlich am schwefelsauren Kali, das aus unreiner Pottaschelösung krystallisirte, oft zu sehen ist.

§. 283. Auch Drillings- und Vierlingskrystalle bilden sich nach diesem Gesetz. So zeigt das schwefelsaure Kali manchmal Drillingskrystalle; mit einem Krystall (welcher die Flächen $\breve{P}\infty$ und $\infty P\infty$ hat) sind zwei andere gleichgestaltete zu beiden Seiten so verwachsen, dass jeder mit dem ersteren eine Fläche $P\infty$ gemeinschaftlich hat. Fig. 61b kann dies versinnlichen, wenn man sich statt des Zeichens ∞P immer $\breve{P}\infty$ geschrieben denkt (in Fig. 61b ist der Winkel, mit welchem die drei Prismen zusammenstossen, etwas kleiner als 120°, so dass alle drei vollständig ausgebildet sein können, und doch noch ein kleiner leerer Winkelraum übrig bleibt; bei dem schwefelsauren Kali dagegen hat $\breve{P}\infty$ den Winkel 120°24′, so dass dies nicht stattfindet, sondern im Gegentheil sich die zwei anlegenden Krystalle in ihrer Ausbildung etwas beschränken). An diesen Drillingskrystallen des schwefelsauren Kali's zeigt gewöhnlich jedes Krystallfragment die Flächen P, $\breve{P}\infty$, $\infty\breve{P}\infty$; Fig. 293a stellt einen solchen Drilling so gezeichnet dar, dass die Brachydiagonale von links nach rechts gerichtet ist; etwas besser kann man die Flächen in Fig. 293b übersehen, welche denselben Krystall zeigt, aber so gestellt, dass die Brachydiagonale von vorn nach hinten gerichtet ist ($n = \infty\breve{P}\infty$, $v = P$, $w = \breve{P}\infty$; die nicht accentuirten Buchstaben bezeichnen das Krystallfragment, an welches die beiden anderen mit $\breve{P}\infty$ angewachsen sind, die einmal respective zweimal accentuirten diese letzteren).

Ein Beispiel für Vierlingskrystalle giebt der Arragonit ab. Fig. 59 b zeigt im Grundriss zwei Arragonitkrystalle I. und II., welche mit den Flächen ∞P verwachsen sind; nach demselben Gesetz legt sich an I. noch ein gleicher Krystall III., an II. noch einer IV.; III. und IV. hindern sich gegenseitig an der vollständigen Ausbildung, so dass jedes dieser Individuen nur fragmentarisch (bis zu der punktirten Linie) vorhanden ist. Die beiden letzteren Krystallfragmente bilden eigentlich einen einspringenden Winkel, der aber meistens durch das Zusammenwachsen der anliegenden Flächen (in der Figur durch die schwächeren Linien bei x dargestellt) zum Verschwinden gebracht ist; es erscheint dann dieser Vierlingskrystall nach seinen vertikalen Flächen als ein sechsseitiges Prisma, an welchem drei Winkel $(w) = 127^{0}27'$, zwei Winkel $(u) = 116^{0}16\frac{1}{2}'$, und Ein Winkel $(x) = 105^{0}6'$.

Im Vorstehenden wurden die häufigeren Arten von Berührungszwillingen des rhombischen Systems betrachtet; auch Durchkreuzungszwillinge kommen nach demselben Gesetz vor. Das Weissbleierz bildet z. B. solche, welche im basischen Durchschnitt die Form Fig. 60 a haben. Zwei Krystallindividuen, welche die vertikalen Flächen $\infty P . \infty \breve{P} \infty$ haben, (sie sind in der Figur mittelst der punktirten Linien vollständig dargestellt) sind in einer Fläche ∞P zusammengewachsen, und jedes noch über die Zusammensetzungsfläche hinaus ausgebildet. §. 284.

Nach demselben Gesetz bildet auch der Harmotom Durchkreuzungszwillinge. An ihm ist das Prisma ∞P so nahe rechtwinklig, dass an zwei mit einer ∞Pfläche verwachsenen Krystallen eine Fläche $\infty \breve{P} \infty$ des einen fast genau in der Richtung einer Fläche $\infty \bar{P} \infty$ des anderen liegt. Fig. 294 zeigt einen Durchkreuzungszwilling dieses Minerals mit den Flächen P, $\infty \bar{P} \infty$ (n) und $\infty \breve{P} \infty$ (m); zu grösserer Deutlichkeit sind die Flächen des einen Krystallindividuums schattirt, die des anderen nicht.

Auch finden sich Durchkreuzungskrystalle, wo die Zusammensetzungsebene eine Fläche eines Doma's ist. So an dem Staurolith, wo zwei Krystalle $\infty P . \infty \breve{P} \infty . 0P$ in der Art verwachsen sind, dass sie beide eine Fläche von $\frac{3}{2}\breve{P}\infty$ gemeinsam haben, und noch über die Zusammensetzungsebene hinaus

ausgebildet sind; Fig. 295 zeigt diesen Zwilling des Staurolithe, an welchem die Hauptaxen der beiden Krystallindividuen nahe rechtwinklig zu einander geneigt sind; in der Zeichnung ist die Brachydiagonale in der Richtung von vorn nach hinten gestellt, weil so das Charakteristische des Zwillings deutlicher hervortritt.

Durchkreuzungsdrillinge kommen gleichfalls vor, so z. B. bei dem Weissbleierz. Fig. 60b zeigt im basischen Durchschnitt, wie sich an einen Krystall mit den vertikalen Flächen $\infty P . \infty \breve{P} \infty$ zu beiden Seiten zwei gleichgestaltete anlegen. Die Flächen ∞P jedes Krystalls stossen unter 117°14′ zusammen; zwischen den zwei letzteren Krystallen würde also ein leerer Winkel von 8°18′ ($360^0 - 3 \times 117^0 14'$) übrig bleiben. Es verschwindet dieser, indem jeder Krystall noch über die Zusammensetzungsfläche hinaus ausgebildet ist, so dass der Durchkreuzungsdrilling im basischen Durchschnitt erscheint, wie es Fig. 61 zeigt. Krystalle mit dieser Drillingsbildung können das Ansehen haben, als ob sie in das hexagonale System gehörten, wie denn der Durchschnitt Fig. 61 viel Aehnlichkeit mit den Aggregaten aus dem hexagonalen System zeigt, welche am Schnee beobachtet werden (vergl. §. 237, Fig. 51a). Wenn der erstere wirklich eine hexagonal krystallirte Substanz darstellte, so wären die Winkel der Prismen (∞P) genau 120°, und je zwei sich zugekehrte Flächen ∞P zweier benachbarter Krystalle müssten in Einer Ebene liegen; an dem für das Weissbleierz gültigen Durchschnitt Fig. 61 findet dies aber nicht durchaus statt, sondern zweimal sind zwei solcher Flächen unter einem sehr stumpfen Winkel (s) zu einander geneigt.

Zwillinge, wo die Zusammensetzungsfläche eine andere als die eines Prisma's oder Doma's ist, kommen so selten vor, dass ihre Betrachtung hier übergangen werden kann. An dem Staurolith finden sich z. B. auch Durchkreuzungszwillinge, für welche die Zusammensetzungsebene eine Fläche von $^3/_2\breve{P}^3/_2$ ist, und an welchen die Hauptaxen der beiden Krystallindividuen unter nahe 60° gegen einander geneigt sind.

Formeln für den Zusammenhang zwischen Winkeln und Axen.

§. 285. Mag man die Axenverhältnisse für einen Krystall aus Messungen an einer Pyramide oder aus Messungen an Prismen ableiten, so sind dazu zwei von einander unabhängige Messungen nothwendig (d. h. Messungen von Winkeln, deren einer nicht aus der Kenntniss des anderen geradezu abgeleitet werden kann; die beiden Winkel desselben Prisma's, oder ein Winkel eines Prisma's und die Neigung einer Fläche desselben Prisma's zu einer vertikalen Endfläche, sind z. B. nicht von einander unabhängig; ein Winkel eines Prisma's und ein Winkel eines Doma's sind hingegen von einander unabhängig).

Bedeuten (hier und in der folgenden Beschreibung der Krystallform einiger Substanzen aus dem rhombischen System) a die Länge der Brachydiagonale, b die der Makrodiagonale, c die der Hauptaxe, und für eine Pyramide A den Endkantenwinkel im brachydiagonalen Hauptschnitt, B den Endkantenwinkel im makrodiagonalen Hauptschnitt, und C den Seitenkantenwinkel (im basischen Hauptschnitt). Nennen wir α den Winkel, welchen eine brachydiagonale Endkante mit der Hauptaxe macht, β den einer makrodiagonalen Endkante zur Hauptaxe, γ den einer Seitenkante gegen die Makrodiagonale, so ist

wenn A und B gegeben sind: $\cos\alpha = \frac{\cos{}^1/_2 B}{\sin{}^1/_2 A}$; $\cos\beta = \frac{\cos{}^1/_2 A}{\sin{}^1/_2 B}$

wenn B und C gegeben sind: $\cos\gamma = \frac{\cos{}^1/_2 B}{\sin{}^1/_2 C}$; $\sin\beta = \frac{\cos{}^1/_2 C}{\sin{}^1/_2 B}$

wenn A und C gegeben sind: $\sin\alpha = \frac{\cos{}^1/_2 C}{\sin{}^1/_2 A}$; $\sin\gamma = \frac{\cos{}^1/_2 A}{\sin{}^1/_2 C}$

und weiter gelten die Formeln: $a : b : c = tg\,\alpha : tg\,\beta : 1$

$$a : b : c = tg\,\gamma : 1 : cotg\,\beta$$

$$a : b : c = 1 : cotg\,\gamma : cotg\,\alpha.$$

Sollen umgekehrt aus dem bekannten Axenverhältniss die Kantenwinkel einer Pyramide berechnet werden, so ist

$$\cos{}^1/_2 A = \frac{ac}{\sqrt{M}};\ \cos{}^1/_2 B = \frac{bc}{\sqrt{M}};\ \cos{}^1/_2 C = \frac{ab}{\sqrt{M}}$$

wenn $M = a^2b^2 + b^2c^2 + a^2c^2$.

Bedeute W bei einem vertikalen Prisma den im makrodiagonalen Hauptschnitt liegenden Kantenwinkel, bei einem brachydiagonalen oder makrodiagonalen Doma den im basischen Hauptschnitt liegenden Kantenwinkel, so ist

für ein vertikales Prisma: $\frac{a}{b} = tg\,{}^1/_2\,W$,

für ein brachydiagonales Doma: $\frac{c}{b} = tg\,{}^1/_2\,W$,

für ein makrodiagonales Doma: $\frac{c}{a} = tg\,{}^1/_2\,W$.

Uebersicht einiger im rhombischen System krystallisirenden Substanzen.

§. 286. Was bei dem quadratischen System (§. 173) und dem hexagonalen (§. 235) hervorgehoben wurde: dass auch bei nicht isomorphen Körpern öfters sehr ähnliche, und bezüglich der Dimensionen (Axenverhältnisse und Winkel) sich sehr nahe kommende Formen gefunden werden, ist auch für dieses System zu bemerken und findet sich auch bei den folgenden Systemen wieder. Prismen und Domen z. B., an welchen der stumpfere Winkel nahezu $= 120^0$ und der schärfere nahezu $= 60^0$, finden sich ganz besonders häufig; ebenso solche prismatische Formen, deren Winkel nur wenig von 90^0 abweichen. Sehr ähnliche Axenverhältnisse, 0,57 - 0,59 : 0,70 - 0,74 : 1 zeigen sich z. B. bei so verschiedenen Substanzen, wie KO,CrO_3, KO,NO_5, BaO,CO_2 (in den folgenden Beschreibungen ist für das erste Salz die kleinste, für die beiden anderen die mittlere Axe als Hauptaxe genommen).

Von den vielen Substanzen, welche in dem rhombischen System krystallisiren, mögen hier folgende als wichtigere genannt werden (bezüglich der Bedeutung der Buchstaben in den folgenden krystallographischen Beschreibungen vergl. §. 285).

Schwefel; der aus Lösungen krystallirende und der natürlich vorkommende zeigen als vorherrschende Form eine rhombische Pyramide P (Fig. 250), und die Fig. 251 und 252 gezeichneten

u. a. Combinationen. Für P ist: $a:b:c = 0{,}8106:1:1{,}898$. Für P ist $A = 106°38'$, $B = 84°58'$, $C = 143°17'$. Für $\breve{P}\infty$ ist $W = 124°24'$. Unvollkommen spaltbar nach P und ∞P. — Der Schwefel ist dimorph, vergl. §. 344.

Jod krystallisirt in rhombischen Pyramiden P, mit $0P$ oder $\infty P\infty$, oder auch mit secundären Pyramiden, $3P$ u. a. Für P ist $a:b:c = 0{,}4858:1:0{,}7359$, $A = 135°52'$, $B = 78°40'$, $C = 118°36'$.

Bleioxyd (PbO) krystallisirt wahrscheinlich in rhombi- §. 287.
schen Pyramiden.

Titansäure (Brookit o. Arkansit, TiO_2). $a:b:c = 0{,}5941:1:0{,}5611$; für P ist $A = 135°37'$, $B = 101°3'$, $C = 95°22'$; W für $\infty\breve{P}2 = 99°50'$. Die Krystalle zeigen häufig $\infty\breve{P}\infty . \infty\breve{P}2$ mit P (ähnlich Fig. 260) und anderen Pyramiden und horizontalen Prismen, und sind dann gewöhnlich flach zwischen den vorherrschenden Flächen $\infty\breve{P}\infty$; manchmal pyramidaler Habitus durch Gleichgewichtscombination von P und $\infty\breve{P}2$ (ähnlich Fig. 259 ohne $\breve{P}\infty$). — Die Titansäure ist trimorph, vergl. §. 174.

Zinnoxyd (SnO_2) soll, wenn aus Zinnchlorid durch Einwirkung von Wasserdampf in der Glühhitze dargestellt, manchmal rhombisch, in der Form des Brookits, krystallisiren; es wäre dann dimorph, vergl. §. 174.

Isomorph sind:

1) Antimonoxyd (Weissspiesglanzerz, SbO_3),
2) Arsenige Säure (AsO_3).

Antimonoxyd krystallisirt meistens (kommt auch so natürlich vor) ähnlich Fig. 288; für das vertikale Prisma ist $W = 43°2'$, für das brachydiagonale Doma ist $W = 70°32'$; $\infty\breve{P}\infty$ ist meist vorherrschend. Die Krystalle sind sehr vollkommen spaltbar parallel den Flächen des vertikalen Prisma's. — Die arsenige Säure zeigt sich selten in derselben Form sublimirt. — Beide Substanzen sind dimorph, vergl. §. 125.

Für Mangansuperoxyd (Pyrolusit, MnO_2) ist $a:b:c = 0{,}938:1:0{,}728$, W für $\infty P = 86°20'$, für $\bar{P}\infty = 75°38'$, für $\frac{1}{2}\breve{P}\infty = 40°0'$. Es kommt ∞P mit $\infty\bar{P}\infty . \infty\breve{P}\infty . 0P$ und den genannten Domen combnirt vor. Spaltbar nach ∞P und $\infty\breve{P}\infty$.

Zinkoxydhydrat ($ZnO + HO$). $a:b:c = 0{,}6040:1:0{,}3440$.

Für ∞P ist $W = 62°16'$, für $P\infty = 59°19'$. Beobachtete Combination: $\infty P . \infty \breve{P}\infty . \infty \bar{P}\infty . \bar{P}\infty$.

Manganoxydhydrat (Manganit, $Mn_2O_3 + HO$). Für P ist $a:b:c = 0{,}8440:1:0{,}5444$. Für ∞P ist $W = 80°20'$, für $\infty \breve{P}\,{}^3/_2 = 103°23'$; für $\bar{P}\infty = 65°41'$. Gewöhnlich ∞P mit $\infty \breve{P}\,{}^3/_2$ u. a. vertikalen Prismen, mit $0P$ und $\bar{P}\infty$ oder einer Pyramide $\bar{P}3$ u. a. (vergl. §. 279 und 281). Sehr vollkommen spaltbar nach $\infty \breve{P}\infty$.

Damit isomorph ist das Eisenoxydhydrat (Nadeleisenerz, $Fe_2O_3 + HO$); $a:b:c = 0{,}9185:1:0{,}6068$; W für $\infty P = 85°8'$, für $\bar{P}\infty = 66°54'$.

Auch die an dem Thonerdehydrat (Diaspor, $Al_2O_3 + HO$) beobachteten Flächen lassen sich beziehen auf eine Grundform, deren Axenverhältniss $a:b:c = 0{,}9372:1:0{,}6038$, nach welchem W für $\infty P = 86°17'$, für $\bar{P}\infty = 65°35'$, für $\breve{P}\infty = 62°15'$ ist.

Beide letztere Mineralien sind gleichfalls vollkommen spaltbar nach $\infty \breve{P}\infty$.

§. 288. Schwefelarsenik (Auripigment, AsS_3). Für P ist $a:b:c = 0{,}603:1:0{,}674$; $A = 131°36'$, $B = 94°20'$, $C = 105°6'$. Für ∞P ist $W = 62°11'$; für $\infty \breve{P}2$ ist $W = 100°40'$; für $\bar{P}\infty$ ist $W = 96°23'$. Die Krystalle haben die Form $\infty P . \infty \breve{P}2 . P$, ähnlich Fig. 279, wozu oft noch $\bar{P}\infty$ tritt, u. a. Sehr vollkommen spaltbar nach $\infty \breve{P}\infty$.

Schwefelantimon (Antimonglanz, Grauspiessglanzerz, SbS_3). $a:b:c = 0{,}9870:1:1{,}0217$, $A = 109°16'$, $B = 108°10'$, $C = 110°58'$. Für ∞P ist $W = 89°15'$. Fig. 276 u. a. Combinationen. Sehr vollkommen spaltbar nach $\infty \breve{P}\infty$.

Schwefelwismuth (BiS_3) krystallisirt in rhombischen Prismen; $W = 88°30'$. Vollkommen spaltbar nach $\infty \breve{P}\infty$.

Uebereinstimmende Krystallgestalt besitzen:

1) Schwefelkupfer (Kupferglanz, Cu_2S o. Cu_4S_2),

2) Schwefelsilberkupfer (Silberkupferglanz, Cu_2AgS_2).

Für beide ist $a:b:c = 0{,}5822:1:0{,}9741$. 1) zeigt sich oft als sechsseitiges Prisma ($\infty P . \infty \breve{P}\infty . 0P$, vergl. §. 264); für ∞P ist $W = 60°25'$. Sehr unvollkommen spaltbar nach ∞P. — Das Schwefelkupfer ist dimorph, vergl. §. 125.

Schwefelsilber (AgS; es ist dimorph, vergl. §. 126) krystallisirt als Akanthit rhombisch. Für dieses Mineral ist $a:b:c = 0{,}6886:1:0{,}9945$, W für $\infty P = 69°6'$, für $P\infty = 89°41'$,

für $P\infty = 110°36'$. Die Krystalle zeigen $\infty P . P$ mit $0P . \infty\breve{P}\infty . \infty\bar{P}\infty . \breve{P}\infty . \bar{P}\infty$ u. a. Zwillinge kommen vor mit $P\infty$ als Zusammensetzungsfläche.

Schwefeleisen (rhombischer Eisenkies, Speerkies, FeS_2). $a:b:c = 0{,}7524:1:1{,}1847$. Für ∞P ist $W = 73°55'$, für $\breve{P}\infty$ ist $W = 99°40'$. Pyramidale und prismatische Combinationen; in letzteren $\breve{P}\infty$ oft vorherrschend. Ziemlich deutlich spaltbar nach ∞P. Das Schwefeleisen FeS_2 ist dimorph, vergl. §. 127.

Arsenikeisen (Arsenikalkies, FeAs). $a:b:c = 0{,}5494:1:1{,}1432$. Für ∞P ist $W = 57°34'$; für $\bar{P}\infty$ $W = 128°40'$. Gewöhnlichste Combination ist $\infty P . \bar{P}\infty$, ähnlich Fig. 278. Spaltbar nach $0P$.

Arsenikschwefeleisen (Misspickel, Arsenikkies, FeAs + FeS_2). $a:b:c = 0{,}676:1:1{,}189$. Für ∞P ist $W = 68°7'$; für $^1/_4\breve{P}\infty$ $W = 34°34'$. Gewöhnlich in der Form $\infty P . {}^1/_4\breve{P}\infty$. Ziemlich deutlich spaltbar nach ∞P.

Quecksilberjodid (HgJ) krystallisirt in der gelben Modification in der Form $\infty P . 0P$; für ∞P ist $W = 66°$. Es ist dimorph, vergl. §. 177. §. 289.

Quecksilberchlorid (Sublimat, HgCl). $a:b:c = 0{,}7254:1:1{,}0686$. W ist für $\infty P = 71°55'$, für $\breve{P}\infty = 93°48'$, für $2\breve{P}\infty = 129°50'$, für $\bar{P}\infty = 111°40'$, für $2\bar{P}\infty = 142°30'$. Die aus alkoholischer Lösung gebildeten Krystalle zeigen $\infty P . 0P . \breve{P}\infty . P$, die durch Sublimation erhaltenen vorherrschend $2\bar{P}\infty . \bar{P}\infty . 0P$ mit $\breve{P}\infty . 2\breve{P}\infty . \infty\breve{P}\infty$ an den Enden dieser in Richtung der Makrodiagonale prismatisch ausgebildeten Krystalle (vergl. §. 275). — An dem isomorphen Quecksilberbromid (HgBr) sind nur Krystalle der letzteren Art (in Richtung der Makrodiagonale prismatisch verlängerte) beobachtet (die Combination $\bar{P}\infty . \infty\breve{P}\infty$; W für $\bar{P}\infty = 111°26'$).

Chlorblei (PbCl). $a:b:c = 0{,}5943:1:0{,}5949$. Es ist für P: $A = 134°24'$, $B = 98°34'$, $C = 98°42'$; für $2P$: $A = 123°58'$, $B = 75°42'$, $C = 133°32'$. P zeigt sich mit $0P$, $\infty\breve{P}\infty$, $2P$ u. a.

Chlorbaryum ($BaCl + 2HO$). $a:b:c = 0{,}9573:1:1{,}560$. Für P ist $A = 101°34'$, $B = 97°20'$, $C = 132°11'$. W ist für $\infty P = 87°30'$, für $^1/_2\breve{P}\infty = 75°54'$, für $\breve{P}\infty = 114°40'$, für $^1/_2\bar{P}\infty = 78°20'$. Die Krystalle sind tafelförmig durch das Vorherrschen von $0P$. Fig. 283 (vergl. §. 262) zeigt eine Com-

bination; an der Stelle von $^1/_2P\infty$ (manchmal auch zugleich mit demselben) zeigt sich oft $\breve{P}\infty$. — Damit isomorph ist das wasserhaltige Brombaryum ($BaBr + 2HO$); manchmal krystallisirt dieses auch, bei gleichem Wassergehalt, in feinen Nadeln.

Kupferchlorid ($CuCl + 2HO$). $a:b:c = 0{,}9179:1:0{,}4627$. Es ist W für $\infty P = 85^\circ 6'$, für $\bar{P}\infty = 53^\circ 30'$, für $3\bar{P}\infty = 113^\circ 2'$. Die Krystalle zeigen gewöhnlich $\infty P . \infty\breve{P}\infty . \infty\bar{P}\infty . 0P$, selten mit Zutreten von $\bar{P}\infty$ und $3\bar{P}\infty$.

§. 290. Isomorph sind:

		$a : b : c$
1) Schwefelsaures Kali	(KO, SO_3)	0,7464 : 1 : 0,5727
2) Selensaures Kali	(KO, SeO_3)	0,7385 : 1 : 0,5725
3) Chromsaures Kali	(KO, CrO_3)	0,7298 : 1 : 0,5695
4) Mangansaures Kali	(KO, MnO_3)	0,7554 : 1 : 0,5639
5) Schwefels. Ammoniumoxyd	(AmO, SO_3)	0,7310 : 1 : 0,5643
6) Schwefels. Rubidiumoxyd	(RbO, SO_3)	0,7522 : 1 : 0,5723

Die wichtigsten Winkel sind:

	bei 1):	2):	3):	4):	5):	6):
Es ist für P: $A =$	131°8′	131°18′	131°38′	131°22′	131°52′	131°6′
∞P: $W =$	73°28′	72°54′	72°14′	74°8′	72°20′	73°54′
$\infty\breve{P}2$: $W =$	112°22′	111°48′	111°10′	113°0′	111°15′	112°46′
$\breve{P}\infty$: $W =$	59°36′	59°35′	59°19′	58°50′	58°52′	59°34′

Die Krystalle zeigen die in Fig. 54 und 257—262 gezeichneten Combinationen (vergl. §. 260, 264 und 273), und Zusammenwachsungen wie Fig. 292 und 293 (vergl. §. 282 und 283). Sie sind spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$ und $\infty P\infty$. Bezüglich des früher angenommenen Dimorphismus des schwefelsauren Kali's vergl. §. 242.

Salpetersaures Kali (Salpeter, KO, NO_5). $a:b:c = 0{,}5843:1:0{,}7028$. Für P ist $A = 131^\circ 36'$, $B = 90^\circ 56'$, $C = 108^\circ 40'$. Für ∞P ist $W = 60^\circ 36'$, für $\breve{P}\infty = 70^\circ 12'$, für $2\breve{P}\infty = 109^\circ 8'$. Gewöhnliche Combinationen sind die Fig. 263 bis 269 gezeichneten (vergl. §. 263, 264, 274 und 278). Das salpetersaure Kali ist dimorph, vergl. §. 242.

Salpetersaures Ammoniumoxyd (AmO, NO_5). $a:b:c = 0{,}9057:1:1{,}0566$. Für P ist $A = 110^\circ 59'$, $B = 102^\circ 33'$, $C = 115^\circ 8'$; W für $\infty P = 84^\circ 20'$, für $\breve{P}\infty = 93^\circ 9'$. Die (selten deutlichen) Krystalle zeigen ∞P mit $P\infty . P$ u. a.

Salpetersaures Quecksilberoxydul ($4Hg_2O, 3NO_5 + HO$). §. 291. $a:b:c = 0{,}8983:1:0{,}4151$; W ist für $\infty P = 83°52'$, für $\bar{P}\infty = 49°36'$. Die Krystalle zeigen $\infty P . \infty\bar{P}\infty$, an den Enden mit $0P$, wo selten auch $\bar{P}\infty$ u. a. untergeordnet hinzutreten.

Salpetersaures Quecksilberoxyd ($2HgO, NO_5 + 2HO$). $a:b:c = 0{,}6975:1:0{,}5187$. W ist für $\infty P = 69°48'$, für $\infty\breve{P}2 = 109°44'$, für $\breve{P}\infty = 54°50'$, für $\frac{1}{2}\breve{P}\infty = 29°4'$. Die Krystalle zeigen $\infty\breve{P}\infty . \infty\bar{P}\infty . 0P$ (durch das Vorherrschen der ersteren Flächen als rectanguläre Tafeln) mit den genannten Prismen und Domen u. a. Sehr vollkommen spaltbar parallel $\infty\breve{P}\infty$, weniger parallel $\infty\bar{P}\infty$, und undeutlich nach $\infty\breve{P}2$.

Zweifach-schwefelsaures Kali ($KO, HO, 2SO_3$) krystallisirt aus seiner wässerigen Auflösung in denen des Schwefels (vergl. §. 286) oft sehr ähnlichen Formen. $a:b:c = 0{,}8611:1:1{,}9347$. Für P ist $A = 103°36'$, $B = 88°12'$, $C = 142°44'$. Für $\breve{P}\infty$ ist $W = 132°0'$, für $\frac{1}{2}\breve{P}\infty = 96°38'$. Die Krystalle zeigen manchmal P (ähnlich Fig. 250), manchmal $0P . P$ tafelförmig durch Vorherrschen der ersteren Flächen, und die genannten brachydiagonalen Domen untergeordnet auftretend. — Dieses Salz ist dimorph, vergl. §. 348.

Zweifach-kohlensaures Ammoniumoxyd ($AmO, HO, 2CO_2$). $a:b:c = 0{,}6726:1:0{,}3998$. Für ∞P ist $W = 67°51'$; für $\breve{P}\infty$ ist $W = 43°35'$. Vorherrschende Flächen sind gewöhnlich ∞P, $\breve{P}\infty$, $\infty\breve{P}\infty$. Spaltbar parallel ∞P.

Isomorph sind: §. 292.

1) Schwefelsaures Natron (NaO, SO_3)
2) Selensaures Natron (NaO, SeO_3)
3) Schwefelsaures Silberoxyd (AgO, SO_3)
4) Selensaures Silberoxyd (AgO, SeO_3)

Eine gewöhnliche Form dieser Salze ist Fig. 281 dargestellt. Für P ist

	bei 1)	bei 2)	bei 3)	bei 4)
$a:b:c$ =	0,4734:1:0,8005;	0,4910:1:0,8155;	0,4614:1:0,8078;	0,4732:1:0,7960
A	135°41′	134°22′	136°20′	135°42′
B	74°18′	75°42′	72°32′	74°28′
C	123°43′	123°13′	125°11′	123°30′

Spaltbar nach P und $\infty\breve{P}\infty$. — Genau in derselben Form krystallisirt auch der übermangansaure Baryt (BaO, Mn_2O_7).

§. 293. Isomorph sind:

		$a : b : c$
1) Ueberchlorsaures Kali	(KO, ClO_7)	0,7817 : 1 : 0,6408
2) Uebermangansaures Kali	(KO, Mn_2O_7)	0,7952 : 1 : 0,6478
3) Ueberchlorsaures Ammoniumoxyd	(AmO, ClO_7)	0,7926 : 1 : 0,6409
4) Uebermangansaures Ammoniumoxyd	(AmO, Mn_2O_7)	0,8050 : 1 : 0,6519

	bei 1)	2)	3)	4)
Für ∞P ist $W =$	76°2′	76°59′	76°48′	77°40′
„ $\breve{P}\infty$ „ $W =$	78°41′	78°20′	77°55′	78°0′.

Die Krystalle sind prismatisch, $\infty P . \breve{P}\infty$ ähnlich Fig. 278, wo oft $0P$ und andere Flächen hinzutreten. Häufig herrschen die Flächen von $\breve{P}\infty$ vor.

Phosphorsaures Natron (s. g. saures; $NaO, 2HO, {}^{c}PO_5 + 2HO$) krystallisirt in zwei wesentlich verschiedenen Formen, welche aber beide dem rhombischen System angehören. — Bei der gewöhnlichen Form ist $a : b : c = 0{,}9342 : 1 : 0{,}9573$; W ist für $\infty P = 86°6'$, für $\breve{P}\infty = 91°24'$. An der vorwaltenden Combination $\infty P . 0P$ treten $\breve{P}\infty$, P, $\infty\breve{P}\infty$ und andere Flächen untergeordnet auf. — Manchmal krystallisirt es in anderer Form, welche auch die des arsensauren Natrons ($NaO, 2HO, AsO_5 + 2HO$) ist. Für diese ist $a : b : c = 0{,}8170 : 1 : 0{,}4998$. Für P ist $A = 133°48'$, $B = 122°38'$, $C = 76°38'$; W ist für $\infty P = 78°30'$, für $\breve{P}\infty = 53°7'$, für $2\breve{P}\infty = 89°59'$. Die Krystalle zeigen ∞P mit P, wozu noch $\breve{P}\infty$ und $2\breve{P}\infty$ untergeordnet treten.

Phosphorsaures Magnesia-Ammoniumoxyd (Struvit; $2MgO, AmO, {}^{c}PO_5 + 12HO$). $a : b : c = 0{,}8878 : 1 : 0{,}8102$. W ist für $\infty P = 83°12'$, für $\breve{P}\infty = 84°46'$, für $2\breve{P}\infty = 122°34'$, für $2\breve{P}\infty = 116°38'$. Die Krystalle zeigen an beiden Enden der Hauptaxe ungleiche Begrenzung, an der prismatischen Combination $\infty P . \infty\breve{P}\infty$ z. B. am einen Ende $0P . \breve{P}\infty$, am anderen Ende $0P . 2\breve{P}\infty . 2\breve{P}\infty$. Spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$.

§. 294. Isomorph sind:

1) Schwefelsaurer Baryt	(Schwerspath, BaO, SO_3)
2) Schwefelsaurer Strontian	(Cölestin, SrO, SO_3)
3) Schwefelsaures Bleioxyd	(Bleivitriol, PbO, SO_3)

Es ist	bei 1)	bei 2)	bei 3)
$a:b:c$	$=0{,}6206:1:0{,}7618$;	$0{,}6060:1:7803$;	$0{,}6089:1:0{,}7756$
Für ∞P ist W	63°38′	62°26′	62°40′
„ $\infty\breve{P}2$ ist W	102°18′	100°56′	101°13′
„ $\breve{P}\infty$ ist W	74°36′	75°56′	75°35′
„ $\bar{P}\infty$ ist W	101°40′	104°20′	103°43′

. 1) zeigt die in Fig. 271 bis 275 dargestellten Combinationen (vergl. §. 275) und andere. 2) krystallisirt in ähnlichen Combinationen, namentlich wie Fig. 275 u. a. (vergl. §. 276); 3) zeigt meist $\infty\breve{P}2$ vorherrschend. Die drei Substanzen zeigen Spaltbarkeit parallel $\infty\breve{P}\infty$, 1) und 2) sehr vollkommen, 3) weniger; alle drei auch, jedoch weniger vollkommen, parallel $\bar{P}\infty$.

Schwefelsaurer Kalk (Anhydrit; CaO,SO_3). Die an ihm vorkommenden Flächen lassen sich beziehen auf eine Grundform, für welche $a:b:c=0{,}5938:1:0{,}7458$. An den Krystallen herrschen gewöhnlich die dreierlei Endflächen $0P.\ \infty\breve{P}\infty.\ \infty\bar{P}\infty$ vor; parallel $0P$ und $\infty\breve{P}\infty$ findet sehr vollkommen, parallel $\infty\bar{P}\infty$ etwas weniger vollkommen Spaltbarkeit statt.

Isomorph sind: §. 295.

		$a:b:c$
1) Kohlens. Kalk (Arragonit,	CaO,CO_2)	0,6215:1:0,7205
2) Kohlens. Baryt (Witherit,	BaO,CO_2)	0,5950:1:0,7413
3) Kohlens. Strontian (Strontianit,	SrO,CO_2)	0,6096:1:0,7237
4) Kohlens. Bleioxyd (Weissbleierz,	PbO,CO_2)	0,6100:1:0,7236

	bei 1)	2)	3)	4)
Für P ist $A=$	129°36′	130°13′	130°0′	129°26′
„ „ „ $B=$	93°31′	89°57′	92°14′	92°16′
„ „ „ $C=$	107°32′	110°49′	108°33′	108°29′
Für ∞P ist $W=$	63°44′	61°30′	62°44′	62°46′
„ $\breve{P}\infty$ ist $W=$	71°33′	73°6′	71°48′	71°47′
„ $2\breve{P}\infty$ ist $W=$	110°29′	112°0′	110°44′	110°42′

1), 2) und 3) erscheinen oft prismatisch, indem $\infty P.\ \infty\breve{P}\infty$ und $\breve{P}\infty$ vorherrschen (Fig. 288, vergl. §. 264); bei 2) zeigt sich auch häufig die Fig. 264 dargestellte Form; bei 4) auch die Fig. 263 dargestellte, wo auch die Flächen $2\breve{P}\infty$ vorherrschender sind. Hinsichtlich der Zwillingskrystalle vergl. §. 282, 283 und 284. — Die Spaltbarkeit ist bei 1) deutlich nach $\infty\breve{P}\infty$, weniger nach ∞P und $\breve{P}\infty$; bei 2) unvollkommen nach $\infty P\infty$,

∞P und $\breve{P}\infty$; bei 3) und 4) ziemlich vollkommen nach ∞P, weniger nach $2\breve{P}\infty$.

Der kohlensaure Kalk ist dimorph (vergl. §. 241); auch die Mischungen aus kohlensaurem Baryt und kohlensaurem Kalk krystallisiren in Formen verschiedener Systeme (vergl. daselbst). Für den rhombischen Barytocalcit (Alstonit), welcher in den Formen des Witherits krystallisirt, ist $\breve{P}\infty = 72^0$, $\infty P = 62^0$. Aber auch in monoklinometrischen Formen krystallisirt kommt eine Mischung aus kohlensaurem Baryt und kohlensaurem Kalk vor.

Kohlensaures Natron ($NaO, CO_2 + 7HO$). Für eine daran vorkommende Pyramide als P ist $a:b:c = 0{,}7509:1:0{,}3604$, $A = 144^00'$, $B = 131^024'$, $C = 61^056'$. W ist für $\infty\bar{P}2 = 41^010'$ für $\infty\breve{P}3/_2 = 96^048'$, für $2\breve{P}\infty = 71^034'$. Die Krystalle zeigen $\infty\breve{P}\infty$ (durch dessen Vorherrschen sie tafelförmig erscheinen) mit $\infty\bar{P}2 . \infty\breve{P}3/_2 . 2\breve{P}\infty . P$ u. a.

§. 296. Isomorph sind:

1) Schwefels. Zinkoxyd (Zinkvitriol, $ZnO, SO_3 + 7HO$)
2) Schwefels. Nickeloxydul (Nickelvitriol, $NiO, SO_3 + 7HO$)
3) Schwefels. Magnesia (Bittersalz, $MgO, SO_3 + 7HO$)
4) Selens. Magnesia ($MgO, SeO_3 + 7HO$)
5) Chroms. Magnesia ($MgO, CrO_3 + 7HO$)

Alle zeigen in Beziehung auf Form und Winkel grosse Uebereinstimmung; die gewöhnlichsten Combinationen sind die Fig. 253 bis 256 dargestellten (vergl. §. 259 und 279a). Nach den an 3) angestellten Messungen ist $a:b:c = 0{,}989:1:0{,}5703$; für P ist $A = 127^022'$, $B = 126^048'$, $C = 78^07'$. Für ∞P ist $W = 89^022'$. Spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$. — Der Formel $MeO, SO_3 + 7HO$ kommt auch monoklinometrische Krystallform zu, vergl. §. 349; die schwefels. Magnesia krystallisirt mit gleichem Wassergehalt auch hexagonal, vergl. §. 242.

Schwefelsaures Natron ($NaO, SO_3 + 7HO$). $a:b:c = 0{,}955:1:0{,}966$. W ist für $\infty P = 87^020'$, für $\infty P3 = 35^018'$, für $\breve{P}\infty = 88^00'$, für $1/_3\breve{P}\infty = 35^040'$. Die (nach dem Herausnehmen aus der Flüssigkeit, in welcher sie sich bildeten, sehr unbeständigen) Krystalle zeigen $\infty P . \infty\bar{P}3 . \infty\breve{P}\infty$, an den Enden durch $\breve{P}\infty . 1/_3\breve{P}\infty$ begrenzt.

§. 297. Salpetersaures Uranoxyd ($U_2O_3, NO_5 + 6HO$). $a:b:c = 0{,}874:1:0{,}6088$. Für P ist $A = 127^00'$, $B = 118^030'$, $C =$

85°32′; für $\breve{P}\infty$ ist $W = 62°40'$. Eine gewöhnliche Form zeigt Fig. 282.

Salpetersaures Silberoxyd (AgO, NO_5). $a:b:c = 0{,}9433 : 1 : 1{,}370$. Für P ist $A = 104°18'$, $B = 98°51'$, $C = 126°48'$; W ist für $\infty\bar{P}2 = 50°30'$. Gewöhnliche Combination: $P . 0P . \infty\bar{P}2$ (Fig. 287, vergl. §. 260); häufig sind 4 in Einer Zone liegende Flächen von P so ausgedehnt, dass sie nebst den 2 Flächen $0P$ dem Krystall das Ansehen eines sechsseitigen Prisma's geben. — Zusammen mit salpetersaurem Natron bildet das salpetersaure Silberoxyd gemischte Krystalle von der rhomboedrischen Form des ersteren Salzes (§. 242), zusammen mit salpetersaurem Kali gemischte Krystalle von der Form des Salpeters (§. 290).

Isomorph sind:

1) Phosphors. Kupferoxyd (Libethenit, $4CuO, PO_5 + HO$)

2) Arsens. Kupferoxyd (Olivenit, $4CuO, AsO_5 + HO$)

wie denn auch in der letzteren natürlich vorkommenden Verbindung ein Theil der Arsensäure durch Phosphorsäure vertreten wird. Es ist

	bei 1)	bei 2)
$a:b:c =$	0,9657 : 1 : 0,7067	0,9556 : 1 : 0,6894
W für ∞P	88°0′	87°24′
W für $\breve{P}\infty$	70°30′	69°10′

Die Combinationen sind ähnlich Fig. 277, durch Vorherrschen von ∞P und $\breve{P}\infty$.

Wolfram ($\overset{Fe}{Mn}O, WO_3$). $a:b:c = 0{,}8231 : 1 : 0{,}851$. W ist für $\infty P = 78°55'$, für $\infty\bar{P}2 = 44°44'$, für $\breve{P}\infty = 80°48'$, für $\frac{1}{2}\bar{P}\infty = 54°40'$. Fig. 442; vergl. §. 279c. Spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$.

Von kieselsauren Verbindungen mögen genannt werden: §. 298.

Topas. $a:b:c = 0{,}5285 : 1 : 0{,}4770$. Für P ist $A = 141°0'$, $B = 101°40'$, $C = 91°10'$. W ist für $\infty P = 55°43'$, für $\infty\breve{P}2 = 93°11'$, für $2\breve{P}\infty = 87°18'$. Combinationen wie Fig. 279 und 280 (vergl. §. 266) u. a. Sehr vollkommen spaltbar nach $0P$.

Harmotom, und zwar 1) Barytharmotom und 2) Kali- oder Kalkharmotom (Philippsit). Man kann für beide setzen: $a:b:c = 0{,}9781 : 1 : 0{,}684$; für P ist $A = 121°28'$, $B = 120°1'$, $C = 88°44'$. Gewöhnliche Combination beider: $P . \infty\breve{P}\infty . \infty\bar{P}\infty . P\infty$,

ähnlich Fig. 282, oft auch ohne $\breve{P}\infty$; meist sind die Krystalle Zwillinge (Fig. 294, vergl. §. 284). Spaltbarkeit am deutlichsten parallel $\infty\bar{P}\infty$.

Olivin (Chrysolith oder Peridot, $3MeO,SiO_2$ wenn Si=21, $2MeO,SiO_2$ wenn Si=14, wo Me hauptsächlich Mg und Fe ist). $a:b:c=0{,}466:1:0{,}5867$. W ist für $\infty P = 49°58'$, für $\infty\breve{P}2 = 86°0'$, für $\breve{P}\infty = 60°48'$, für $2\breve{P}\infty = 99°7'$, für $\bar{P}\infty = 103°6'$. Die Krystalle sind meistens kurz säulenförmig durch das Auftreten der genannten vertikalen Prismen und der Endflächen $\infty\bar{P}\infty$ und $\infty\breve{P}\infty$, an den Enden erscheinen eins oder mehrere der genannten Domen, auch $0P$, aber letzteres selten vorherrschend. — Ziemlich deutlich spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$.

§. 299. Staurolith. $a:b:c = 0{,}4734:1:0{,}6854$. W ist für $\infty P = 50°40'$, für $\bar{P}\infty = 110°44'$. Gewöhnliche Combination: $\infty P.\infty\breve{P}\infty.0P$, manchmal dazu noch $\bar{P}\infty$. Zwillingskrystalle, z. B. Fig. 295 (vergl. §. 284). Ziemlich vollkommen spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$.

Galmei (Kieselzinkerz, $2[3ZnO,SiO_2]+3HO$ wenn Si=21, $2ZnO,SiO_2+HO$ wenn Si=14). $a:b:c=0{,}6385:1:0{,}6169$. Für $\infty\breve{P}2$ ist $W = 103°53'$, für $\frac{1}{2}\bar{P}\infty = 51°34'$, für $\breve{P}\infty = 63°20'$, für $2\breve{P}\infty = 101°56'$. Die Krystalle sind kurz säulenförmig durch das Vorwalten von $\infty\breve{P}2$ und $\infty\bar{P}\infty$, an den Enden begrenzt meist durch $\frac{1}{2}\bar{P}\infty$ oder $\breve{P}\infty$, manchmal an den beiden Enden verschieden ausgebildet wie Fig. 284 (vergl. §. 280). Sehr vollkommen spaltbar parallel den Flächen von $\infty\breve{P}2$, etwas weniger nach denen von $\breve{P}\infty$.

Lievrit (Ilvaït). $a:b:c=0{,}6665:1:0{,}4427$. Für P ist $A = 139°31'$, $B = 117°27'$, $C = 77°12'$. W ist für $\infty P = 67°22'$, für $\infty\breve{P}2 = 106°15'$, für $\bar{P}\infty = 67°11'$. Die Combinationen sind $P.\infty P$ oder $\infty P.\infty\breve{P}2.P$ (ähnlich Fig. 279) mit $\bar{P}\infty$, oder $P.\infty\breve{P}2$ (ähnlich Fig. 258) mit $\bar{P}\infty$ u. a. Unvollkommen spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$ und $\infty\bar{P}\infty$.

Für optischen zweiaxigen Glimmer kann man eine Grundform P annehmen, für welche $a:b:c=0{,}57735:1:1{,}64656$. Es ist für $P:A = 122°50'$, $B = 68°5'$, $C = 146°13'$, für $2P:A = 120°45'$, $C = 162°44'$; W für $\infty P = 60°0'$. An den Combinationen treten auf die hier genannten Formen, $0P$, $\infty P\infty$, verschiedene andere Pyramiden, brachydiagonale Domen u. a., die Pyramiden in parallelflächig-hemiëdrischer Ausbildung, so dass

die Krystalle monoklinometrischen Habitus zeigen (vergl. §. 279c). Zwillinge mit ∞P als Zusammensetzungsfläche. Ausgezeichnet spaltbar parallel $0P$.

Desmin (Stilbit; $CaO, SiO_3 + Al_2O_3, 3SiO_3 + 6HO$ wenn $Si = 21$, oder $CaO, 3SiO_2 + Al_2O_3, 3SiO_2 + 6HO$ wenn $Si = 14$). $a:b:c = 0{,}9284:1:0{,}7558$. Für P ist $A = 119°15'$, $B = 114°0'$, $C = 96°0'$. Gewöhnliche Combination ist $P . \infty P\infty . \infty\breve{P}\infty$ (ähnlich Fig. 282 ohne $\breve{P}\infty$), mit $0P$. Vollkommen spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$.

Von organischen Verbindungen mögen hervorgehoben werden: §. 300.

Citronensäure ($3HO, C_{12}H_5O_{11} + 2HO$). $a:b:c = 0{,}6068:1:0{,}4106$. W ist für $\infty P = 62°30'$, für $\bar{P}\infty = 68°10'$, für $P\infty = 44°39'$, für $2\breve{P}\infty = 78°47'$. Die Krystalle zeigen oft vorherrschend $\infty P . \bar{P}\infty . \breve{P}\infty$ (Fig. 285), auch mit $\infty\breve{P}\infty$; neben $\breve{P}\infty$, und manchmal selbst ohne dasselbe, zeigt sich auch $2\breve{P}\infty$; auch die Flächen von P treten nicht selten untergeordnet auf.

Saures äpfelsaures Ammoniumoxyd ($AmO, HO, C_8H_4O_8$). $a:b:c = 0{,}7230:1:0{,}7766$. Für ∞P ist $W = 71°44'$, für $\breve{P}\infty = 75°40'$, für $\frac{1}{2}\breve{P}\infty = 42°26'$. Eine gewöhnliche Combination ist $\infty P . \infty\breve{P}\infty . \breve{P}\infty$ (ähnlich Fig. 288), auch mit $\frac{1}{2}\breve{P}\infty$, manchmal tafelförmig durch das Vorherrschen von $\infty\breve{P}\infty$. Manchmal zeigen sich 4 Flächen von P untergeordnet als Sphenoid. Oft sind die Krystalle an dem einen Ende durch $\breve{P}\infty$ und $\frac{1}{2}\breve{P}\infty$, an dem anderen durch $0P$ begrenzt.

Saurer äpfelsaurer Kalk ($CaO, HO, C_8H_4O_8 + 8HO$). $a:b:c = 0{,}9418:1:1{,}0556$. Für ∞P ist $W = 86°34'$, für $\breve{P}\infty = 93°6'$, für $\frac{1}{2}\breve{P}\infty = 55°38'$, für $2\breve{P}\infty = 129°18'$. Gewöhnlich zeigt sich die prismatische Combination $\infty P . \infty\breve{P}\infty$, an den Enden durch die genannten brachydiagonalen Domen begrenzt. Spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$.

Ameisensaurer Baryt (BaO, C_2HO_3). $a:b:c = 0{,}7650:1:0{,}8638$. Für ∞P ist $W = 74°50'$, für $\bar{P}\infty = 96°56'$. Gewöhnliche Combination $\infty P . \bar{P}\infty$ (Fig. 278).

Ameisensaurer Strontian ($SrO, C_2HO_3 + 2HO$). $a:b:c = 0{,}6076:1:0{,}5949$. W ist für $\infty P = 62°34'$, für $\breve{P}\infty = 61°30'$. Die Krystalle zeigen gewöhnlich $\infty P . \breve{P}\infty$ (beide Formen oft im Gleichgewicht) mit $\infty\breve{P}\infty$; es treten auch Flächen der Py-

ramiden P und $2\breve{P}2$ auf, doch stets als Sphenoide und zwar so, dass mit $+\frac{P}{2}$ zusammen $-\frac{2\breve{P}2}{2}$, oder mit $-\frac{P}{2}$ zusammen $+\frac{2\breve{P}2}{2}$ vorkommt (Fig. 435 u. 436).

Neutrales oxalsaures Ammoniumoxyd ($2AmO, C_4O_6 + 2HO$). $a:b:c = 0{,}7799:1:0{,}7399$. Für ∞P ist $W = 75°54'$, für $\breve{P}\infty = 73°0'$. In den Combinationen ist häufig vorherrschend $\infty P.\breve{P}\infty$ (ähnlich Fig. 277), wozu noch $\infty\breve{P}\infty$, $\infty P\infty$, $0P$ und manchmal einzelne Flächen von $\frac{1}{2}P$ treten.

Saures oxalsaures Ammoniumoxyd ($AmO, HO, C_4O_6 + 2HO$). $a:b:c = 0{,}4533:1:0{,}5593$. W ist für $\infty P = 48°46'$, für $\breve{P}\infty = 58°26'$. Gewöhnliche Combination $\infty P.P\infty$ (ähnlich Fig. 277) mit den drei Endflächen $0P$, $\infty\breve{P}\infty$ und $\infty\bar{P}\infty$. Spaltbar nach $\infty P\infty$.

§. 301. Isomorph sind:

1) Saures weins. Kali (Weinstein; $KO, HO, C_8H_4O_{10}$);

2) Saures weinsaures Ammoniumoxyd ($AmO, HO, C_8H_4O_{10}$).

Es ist		bei 1):	bei 2):
$a:b:c$		$= 0{,}7115:1:0{,}7372$	$0{,}6933:1:0{,}7086$
Für P ist	A	$= 125°46'$	$127°18'$
	B	$= 100°20'$	$100°20'$
	C	$= 103°38'$	$102°24'$
Für ∞P ist	W	$= 70°52'$	$69°28'$
„ $\breve{P}\infty$ ist	W	$= 72°48'$	$70°38'$
„ $2\breve{P}\infty$ ist	W	$= 111°42'$	$109°36'$
„ $3\breve{P}\infty$ ist	W	$= 131°20'$	$129°36'$

Die Krystalle zeigen gewöhnlich $P.\infty P$ (Fig. 432) mit $\infty\breve{P}\infty$ und die genannten brachydiagonalen Domen; meistens ist die eine Hälfte der Flächen von P sphenoidartig vergrössert im Vergleich zu der anderen Hälfte vorhanden (Fig. 433 und 434; vergl. §. 279a). Am deutlichsten spaltbar nach $0P$.

Isomorph sind ferner:

1) Weins. Natron-Kali (Seignettesalz; $NaO, KO, C_8H_4O_{10} + 8HO$);

2) Weins. Natron-Ammoniumoxyd ($NaO, AmO, C_8H_4O_{10} + 8HO$).

Nimmt man die an diesen Krystallen am häufigsten sich zeigenden Pyramidenflächen als Grundform, so ist:

	bei 1):	bei 2):
$a:b:c$ =	0,8317 : 1 : 0,4296	0,8233 : 1 : 0,4200
W für ∞P	79°30′	78°56′
„ „ $\infty P2$	45°10′	44°44′
„ „ $P\infty$	46°30′	45°34′
„ „ $2P\infty$	81°20′	80°4′
„ „ $\breve{P}\infty$	54°38′	54°4′

Fig. 270 zeigt eine Combination der bei 1) am häufigsten auftretenden Formen (vergl. §. 266, 267 und 272); $\breve{P}\infty$ zeigt sich meist nur schwach. Bei 2) herrscht oft $\infty P2$ vor, und $P\infty$ zeigt sich als Abstumpfung der Kanten zwischen $0P$ und $\infty P\infty$; ausserdem tritt hier P immer sphenoidisch-hemiëdrisch auf, an entgegengesetzten Stellen (Fig. 439 und 440), je nachdem die in den Krystallen enthaltene Weinsäure optisch-rechtsdrehende oder linksdrehende ist. Vergl. §. 279b.

Isomorph sind endlich noch:

1) Weins. Antimonoxyd-Kali (Brechweinstein) und

2) Weins. Antimonoxyd-Ammoniumoxyd;

$$(SbO_3, \underset{0.AmO}{KO}, C_8H_4O_{10} + HO).$$

Es ist für:	1)	2)
$a:b:c$ =	0,9556 : 1 : 1,1054	0,8923 : 1 : 1,0801

An P ist bei 1): $A = 108°16'$, $B = 104°22'$, $C = 116°0'$

„ „ „ „ 2): $A = 110°58'$, $B = 101°8'$, $C = 116°42'$.

An den Krystallen ist P vorherrschend, von welchem gewöhnlich 4 Flächen sphenoidisch-hemiëdrisch (vergl. §. 279a) vor den 4 anderen vorherrschend sind. Ausserdem treten $0P$, $2P$ und ∞P auf. Spaltbar nach $0P$.

Für das analog zusammengesetzte weinsaure Arsenigsäure-Ammoniumoxyd ($AsO_3, AmO, C_8H_4O_{10} + HO$) lassen sich die beobachteten Flächen am Einfachsten beziehen auf ein Axensystem $a:b:c = 0{,}8760 : 1 : 0{,}6941$. Für P ist $A = 122°54'$, $B = 113°52'$, $C = 93°0'$; W ist für $\infty P = 82°26'$, für $2P\infty = 108°28'$. Beobachtete Combination: $\infty P.\ \infty P\infty.P.\ 2P\infty.0P$.

Codeïn ($C_{36}H_{21}NO_6 + 2HO$). $a:b:c = 0{,}9634 : 1 : 0{,}8295$.

W ist für $\infty P = 87°52'$, für $\breve{P}\infty = 79°20'$, für $^1/_2 P\infty = 45°2'$. Spaltbar nach $\breve{P}\infty$.

Asparagin ($C_8H_8N_2O_6$). $a:b:c = 0{,}4737:1:0{,}8327$. W ist für $\infty P = 50°42'$, für $\breve{P}\infty = 79°34'$, für $2P\infty = 118°2'$. Die Krystalle zeigen gewöhnlich $\infty P.0P.\breve{P}\infty.2\breve{P}\infty.\infty\breve{P}\infty$ in Combination mit $+\frac{P}{2}$ oder $-\frac{P}{2}$ (Fig. 437 u. 438; vergl. §. 279a).

Monoklinometrisches System.

Die Krystalle des monoklinometrischen Systems haben drei ungleichartige Axen, von welchen zwei schiefwinklig zu einander geneigt sind, die dritte aber rechtwinklig zu den beiden anderen steht. Alle Krystalle dieses Systems sind nach drei Richtungen hin verschieden ausgebildet; alle lassen eine solche Stellung zu, dass sie nach oben und unten anders ausgebildet sind als nach links und rechts und als nach vorn und hinten, und dass die Richtung von oben nach unten einen schiefen Winkel macht mit der Richtung von links nach rechts, während die Richtung von vorn nach hinten rechtwinklig ist sowohl zu der von oben nach unten als zu der von links nach rechts. §. 302.

Das monoklinometrische System theilt also mit dem rhombischen (vergl. §. 247) die Eigenschaft, drei ungleichartige Axen zu besitzen; es unterscheidet sich von ihm dadurch, dass zwei seiner Axen schiefwinklig zu einander stehen, während in dem rhombischen die drei Axen nur rechte Winkel mit einander machen.

Die drei Axen des monoklinometrischen Systems sind einzelne Axen (vergl. §. 46). Eine von ihnen ist insofern ausgezeichnet, als nur sie zu den beiden anderen rechtwinklig geneigt ist. Doch nimmt man nicht die in dieser Art ausgezeichnete Axe als Hauptaxe an, weil sich häufiger die Krystalle in der Richtung einer von denjenigen Axen prismatisch ausgebildet finden, welche schiefwinklig zu einander stehen, und weil sich in der Richtung der beiden letzteren Axen mehr gleichartige Flächen vorfinden (vergl. §. 308). Als Hauptaxe nehmen

wir also allgemein in diesem System eine von den Axen, welche schiefwinklig zu einander geneigt sind; welche von ihnen dazu erwählt wird, wird durch die Ausbildung des Krystalls bestimmt, in ähnlicher Weise wie die Wahl der Hauptaxe in dem rhombischen System sich hiernach richtete. Unter den Nebenaxen wird diejenige, welche zu der Hauptaxe schiefwinklig geneigt ist, als Klinodiagonale (schiefstehende) unterschieden; diejenige hingegen, welche sowohl zu der Hauptaxe als zu der Klinodiagonale rechtwinklig steht, als Orthodiagonale (rechtwinklig stehende) bezeichnet. Die Orthodiagonale ist bei einigen Substanzen grösser, bei anderen kleiner als die Klinodiagonale. — Bei der Betrachtung der Krystalle wollen wir uns dieselben immer so gestellt denken, dass die Klinodiagonale (*b*) horizontal in der Richtung von links nach rechts, die Orthodiagonale (*a*) horizontal in der Richtung von vorn nach hinten, und die Hauptaxe (*c*) in schiefer Richtung von rechts oben nach links unten sich erstrecke (vergl. Fig. 62). Bei dieser Stellung tritt es am Deutlichsten hervor, dass die Hauptaxe und die Klinodiagonale einen schiefen Winkel mit einander machen; lässt man im Gegentheil die Klinodiagonale die auf den Beobachter zu (von hinten nach vorn) gerichtete Axe sein (in welcher Stellung man die Krystalle dieses Systems häufig gezeichnet findet), so ist diese Eigenthümlichkeit weniger in die Augen fallend.

Eine durch die Klinodiagonale und die Orthodiagonale gelegte Ebene heisst der basische Hauptschnitt, eine durch die Klinodiagonale und die Hauptaxe gelegte der klinodiagonale, eine durch die Hauptaxe und die Orthodiagonale gelegte der orthodiagonale Hauptschnitt.

§. 303. Für eine jede monoklinometrisch krystallisirende Substanz ist das Grössenverhältniss der drei Axen (das der Hauptaxe und das der Orthodiagonale bezogen auf das der Klinodiagonale als Einheit) und die Grösse des Winkels zu bestimmen, welchen die Hauptaxe mit der Klinodiagonale macht; also im Ganzen drei Grössen, welche aus drei von einander unabhängigen Messungen nach den unten (§. 342) mitzutheilenden Formeln berechnet werden. Wir bezeichnen die Orthodiagonale mit *a*, die Klinodiagonale mit *b*, die Hauptaxe mit *c*, den spitzen Winkel zwischen beiden letzteren mit *L*. Letzterer ist in seiner

Grösse bei den verschiedenen in dieses System gehörigen Körpern sehr wechselnd; bei einigen sehr nahe $= 90^0$, bei anderen sehr viel davon verschieden.

Wenn für eine Substanz das Grössenverhältniss der Axen $a:b:c$ und der Winkel L gegeben sind, so hat es keine Schwierigkeit, das hierdurch bestimmte Axensystem zu zeichnen. Die (von links nach rechts gehende) Klinodiagonale und die (von vorn nach hinten gerichtete) Orthodiagonale werden in Beziehung auf Lage und relative Grösse gerade so gezeichnet, wie es für die Brachy- und Makrodiagonale bei dem rhombischen System (§. 248) angegeben wurde; die Hauptaxe aber lässt man in der Zeichnung unter dem gegebenen Winkel L gegen die Klinodiagonale geneigt sein, und zeichnet sie in unverkürzter relativer Grösse. Die punktirten Linien in Fig. 62 stellen ein solches monoklinometrisches Axensystem dar, wo $a : b : c = 1{,}3 : 1 : 1{,}04$, und $L = 75^0$.

Einfache Formen.

§. 304. Als Grundform in diesem System wäre auch wieder eine solche zu betrachten, deren Flächen die drei Axen in verschieden grossen Abständen vom Mittelpunkte, z. B. a (auf der Orthodiagonale), b (auf der Klinodiagonale) und c (auf der Hauptaxe) schneiden. Diese Form wird als monoklinometrische Pyramide bezeichnet (auch als zwei- und eingliedriges Oktaeder, Hemiorthotyp oder Augitoid); Fig. 62 zeigt eine solche*). Aber diese Form ist keine einfache; vier Flächen, welche den spitzen Winkeln des Axensystems gegenüber liegen (die zwei Flächen oben rechts, welche in der Kante A zusammenstossen, und die zwei entsprechenden unten links), sind unter sich gleich, aber verschieden von den vier Flächen, welche den stumpfen Winkeln des Axensystems gegenüber liegen (von welchen zwei links oben und zwei rechts unten in den mit B bezeichneten Kanten zusammenstossen). Die zweierlei Flächen sind an einer ideal regelmässig ausgebildeten monoklinometrischen Pyramide der Grösse nach verschieden; sie sind es in

*) Modell 45 stellt eine monoklinometrische Pyramide dar, für welche $a:b:c = 1{,}4:1:0{,}6$, und $L = 75^0$.

Beziehung auf die Winkel der Dreiecke, welche die Flächen bilden. Die zweierlei Flächen sind gänzlich verschiedenartig und unabhängig von einander; parallel den einen kann Spaltbarkeit vorhanden sein, ohne dass Dasselbe parallel den anderen stattfindet, und die einen können auftreten, ohne dass die anderen deshalb gleichfalls vorhanden sein müssten; vier gleichartige Flächen einer monoklinometrischen Pyramide (welche zusammen auch als Hemi- [halbe] Pyramide bezeichnet werden) bilden aber noch so sehr vergrössert keine geschlossene Form, sondern ein Prisma, welches gegen die Klinodiagonale und gegen die Hauptaxe schief geneigt ist.

Eine monoklinometrische Pyramide ist also begrenzt durch 8 ungleichseitige Dreiecke, von welchen je 4 und 4 der Form nach übereinstimmen; die 4 den stumpfen Winkeln des Axensystems gegenüberliegenden sind grösser als die 4 den spitzen Winkeln des Axensystems gegenüberliegenden. Die Ecken sind dreierlei Art. Die 12 Kanten sind viererlei Art. 4 im basischen Hauptschnitt liegende Seitenkanten (*D*) sind unter sich gleichartig; ebenso 4 im orthodiagonalen Hauptschnitt liegende Endkanten (*C*). Von den 4 im klinodiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten sind die 2 (*A*), welche den spitzen Winkeln des Axensystems gegenüberliegen, verschieden von den 2 (*B*), welche sich den stumpfen Winkeln gegenüber befinden; erstere sind kürzer und schärfer als letztere. Der basische Hauptschnitt in einer monoklinometrischen Pyramide ist ein Rhombus, ebenso der orthodiagonale; der klinodiagonale ist hingegen ein Rhomboid. — In den Begrenzungselementen der monoklinometrischen Pyramiden herrscht also eine viel grössere Ungleichartigkeit, als in denen der ähnlichen Gestalten der vorhergehenden Systeme (vergl. §. 249 und die da angeführten Stellen).

Für die krystallographische Untersuchung und Beschreibung einer jeden monoklinometrisch krystallisirenden Substanz betrachtet man als Grundform eine Pyramide, welche man mit *P* bezeichnet. Von dieser Pyramide können möglicherweise nur die 4 einen oder die 4 anderen Flächen vorkommen; jedenfalls sind die zweierlei Flächen unabhängig von einander, was durch die Bezeichnung ausgedrückt werden muss. Mit $+P$ bezeichnet man die vier Pyramidenflächen, welche den spitzen Winkeln des

Axensystems gegenüber liegen (in Fig. 62 die, deren je zwei die Kanten A bilden), mit $-P$ die vier, welche den stumpfen Winkeln gegenüberliegen (die, deren je zwei die Kanten B bilden). Die $+P$flächen können sich ohne die $-P$flächen zeigen, und umgekehrt; die geschlossene Pyramide, welche sich aus beiden zusammensetzt, ist mit $\pm P$ zu bezeichnen.

§. 305. Ausser Flächen der Grundform kommen noch Flächen anderer Pyramiden vor, für welche bei gleicher Grösse der Ortho- und der Klinodiagonale die Hauptaxe auf das $m$fache verkleinert oder vergrössert ist, im Vergleich zu ihrer Grösse in der Grundform. Entsprechend dem, was §. 250 über das Vorkommen secundärer Pyramiden in dem rhombischen Systeme bemerkt wurde, werden auch in dem monoklinometrischen solche secundäre Pyramiden mit $\pm mP$ bezeichnet, wo m grösser oder kleiner als 1 ist, aber immer ein einfaches und rationales Verhältniss ausdrückt.

Für $m = 0$ fallen alle Pyramidenflächen in Eine Ebene zusammen, welche den beiden Nebenaxen parallel ist. $0P$ bezeichnet die basische Endfläche. Für $m = \infty$ fallen je eine obere und eine untere Pyramidenfläche von entgegengesetzten Zeichen in Eine Ebene zusammen; es entsteht ∞P, ein schiefes rhombisches Prisma, dessen 4 Flächen gleichartig sind, und dessen basischer Querschnitt durch die vier Seitenkanten D der Grundform (Fig. 62) gegeben ist.

Alle diese Formen, deren Flächen zwischen den Nebenaxen in derselben Richtung liegen, wie die Flächen der Grundform, bilden zusammen die Hauptreihe.

§. 306. Ebenso wie die Hauptaxe kann auch die Klinodiagonale der Grundform sich der Grösse nach verändern und so neue Formen hervorbringen. Den Veränderungscoëfficienten der Klinodiagonale schreibt man hinter P und schliesst die ganze Formel in Klammern ein, als (willkürlich angenommenes, vergl. auch S. 287) Kennzeichen, dass die Veränderungszahl hinter P sich auf die Klinodiagonale beziehe. (Die in den Formeln vor P stehenden Zahlen zeigen auch in diesem System immer die Grössenveränderung der Hauptaxe an.)

$[Pn]$ bedeutet also in diesem System eine Fläche, welche von dem Abstande a auf der Orthodiagonale nach nb auf der Klinodiagonale und nach c auf der Hauptaxe gerichtet ist, wäh-

rend die Flächen der Grundform sich in der Richtung $a:b:c$ erstrecken. $[Pn]$ bedeutet allgemein eine secundäre Pyramide, welche richtiger $\pm[Pn]$ geschrieben werden muss, weil sie, wie alle monoklinometrischen Pyramiden, zweierlei Flächen hat. Von jeder solchen secundären Pyramide $\pm[Pn]$ lassen sich noch andere ableiten, durch Veränderung der Grösse der Hauptaxe: $\pm[mPn]$ im Allgemeinen; für $m=0$ ist das Resultat wieder die basische Endfläche; für $m=\infty$ ein secundäres schiefes rhombisches Prisma $[\infty Pn]$, dessen Flächen der Hauptaxe parallel sind, aber die Ortho- und die Klinodiagonale im Verhältniss $a:nb$ schneiden, während die des Hauptprisma's ∞P von a nach b gerichtet sind. — Man fasst diese Formen, wo die Klinodiagonale auf das $n$fache verändert ist, und n eine messbare Grösse (nicht unendlich gross) ist, als klinodiagonale Zwischenreihe zusammen.

§. 307. Für den Fall, dass die Klinodiagonale unendlich gross ist, geht die Grundform $\pm P$ in ein horizontales Prisma über, welches als klinodiagonales Doma bezeichnet wird; seine Formel ist $[P\infty]$, seine vier Flächen sind gleichartig und sein orthodiagonaler Querschnitt ist durch die Kanten C der Grundform (vergl. Fig. 62) gegeben.

Ausser dem klinodiagonalen Doma $[P\infty]$ giebt es noch schärfere (mit relativ grösserer Hauptaxe): $[mP\infty]$ wo $m>1$, und stumpfere (mit relativ kleinerer Hauptaxe): $[mP\infty]$ wo $m<1$. Für $m=0$ ist das Resultat wieder die basische Endfläche; für $m=\infty$ ist das Resultat $[\infty P\infty]$, das Zeichen einer Fläche, welche der Hauptaxe und der Klinodiagonale, also dem klinodiagonalen Hauptschnitt parallel ist, und deshalb als klinodiagonale Endfläche bezeichnet wird. — Diejenigen Formen, deren Flächen mit der Klinodiagonale parallel gehen, werden als zur klinodiagonalen Grenzreihe oder Nebenreihe gehörig bezeichnet.

§. 308. Entsprechend leiten sich aus der Grundform durch Veränderung der Orthodiagonale die Gestalten der orthodiagonalen Zwischenreihe und der orthodiagonalen Grenz- oder Nebenreihe ab. Die Zahl, welche die Grössenveränderung der Orthodiagonale anzeigt, wird gleichfalls hinter P geschrieben, aber die Formel nicht in Klammern ein

geschlossen *). $P2$ bedeutet also Flächen einer Form, wo die Orthodiagonale doppelt so gross, die anderen Axen aber gerade so gross, als in der Grundform, während $[P2]$ Flächen einer Form anzeigt, für welche die Klinodiagonale noch einmal so gross ist, als in der Grundform.

In die orthodiagonale Zwischenreihe gehören secundäre Pyramiden $\pm mPn$, und secundäre Prismen ∞Pn, welche der Hauptaxe parallel sind, deren 4 gleichartige Flächen aber die Orthodiagonale in einem relativ andern Abstande vom Mittelpunkte schneiden, als es bei dem Hauptprisma ∞P der Fall ist.

In die orthodiagonale Grenz- oder Nebenreihe gehört zuvörderst das orthodiagonale Doma $P\infty$, dessen Flächen zwischen der Klinodiagonale und der Hauptaxe in derselben Richtung liegen, wie die der Grundform, aber mit der Orthodiagonale parallel sind. Die 4 Flächen eines solchen Doma's sind aber nicht gleichartig, sondern die zwei den spitzen Winkeln des Axensystems gegenüberliegenden sind verschieden und unabhängig von den zwei, welche den stumpfen Winkeln des Axensystems gegenüber liegen. Der klinodiagonale Querschnitt eines solchen orthodiagonalen Doma's ist in Fig. 62 durch die Linien A und B gegeben, deren ungleiche Länge die Ungleichartigkeit der Flächen des Doma's andeutet. Jedes orthodiagonale Doma zerfällt in zwei von einander unabhängige Hemidomen **); dasjenige Hemidoma, dessen Flächen den spitzen

*) Es ist hier noch die Bezeichnungsweise beibehalten, für Formen, die sich unter Veränderung der Grösse einer Nebenaxe von einer monoklinometrischen Grundform ableiten, durch Einschliessen der Formel in Klammern auszudrücken dass die Veränderungszahl hinter P sich auf die Klinodiagonale bezieht, während bei einer nicht in Klammern eingeschlossenen Formel die Veränderungszahl hinter P sich auf die Orthodiagonale bezieht. Ob bei den Formeln für solche Formen sich die Veränderungszahl hinter P auf die Klinodiagonale oder die Orthodiagonale beziehe, wird aber häufig auch in der Art angegeben, dass man P im ersten Falle durch einen schief geneigten Strich ($\not P$), im letzteren Falle durch einen horizontalen Strich ($\not\!\!P$) durchzogen sein lässt. Es sind somit nach der ersteren und nach der zweiten Bezeichnungsweise gleichbedeutend $[\infty P\infty]$ und $\infty\not P\infty$, $\infty P\infty$ und $\infty\not\!\!P\infty$, $[\infty P2]$ und $\infty\not P2$, $[P\infty]$ und $\not P\infty$, $+P\infty$ und $+\not\!\!P\infty$ u. s. w.

**) Die prismatischen Formen, deren Flächen einer der schief zu einan-

Winkeln des Axensystems gegenüber liegen (in Fig. 62 durch die Linien A gehen) wird als $+P\infty$, das andere (dessen Flächen durch B gehen) als $-P\infty$ bezeichnet.

Es kommen auch wieder stumpfere und schärfere Hemidomen ($mP\infty$ im Allgemeinen, wo m kleiner oder grösser als 1 ist) vor; die Flächen derselben sind aber stets genauer mit $+mP\infty$ oder mit $-mP\infty$ zu bezeichnen, da die einen ohne die anderen auftreten können.

Ausser den orthodiagonalen Domen gehört in die orthodiagonale Grenzreihe noch die orthodiagonale Endfläche $\infty P\infty$ welche dem orthodiagonalen Hauptschnitt (der Hauptaxe und der orthodiagonalen Nebenaxe) parallel ist.

§. 309. In ähnlicher Weise wie für die früheren Systeme lässt sich also das Schema der im monoklinometrischen System möglichen Formen in folgender Art aufstellen:

	$(m<1)$		$(m>1)$		
$0P\infty = 0P$	$\pm mP\infty$	$\pm P\infty$	$\pm mP\infty$	$\infty P\infty$	(1)
$0Pn = 0P$	$\pm mPn$	$\pm Pn$	$\pm mPn$	∞Pn	(2)
$0P$	$\pm mP$	$\pm P$	$\pm mP$	∞P	(3)
$[0Pn] = 0P$	$\pm [mPn]$	$\pm [Pn]$	$\pm [mPn]$	$[\infty Pn]$	(4)
$[0P\infty] = 0P$	$[mP\infty]$	$[P\infty]$	$[mP\infty]$	$[\infty P\infty]$	(5)

In der Mitte des Schema's steht auch hier wieder die Grundform P, aus welcher durch Veränderung der Hauptaxe die Hauptreihe (3), durch Veränderung der Orthodiagonale die orthodiagonale Zwischenreihe (2) und Grenzreihe (1), durch Veränderung der Klinodiagonale die klinodiagonale Zwischenreihe (4) und Grenzreihe (5) abgeleitet werden.

Combinationen.

§. 310. In dem vorhergehenden (rhombischen) System kam noch Eine Art von geschlossenen einfachen Formen, die Pyramiden, vor; in diesem Systeme giebt es nicht einmal geschlossene Py-

---

der stehenden Axen parallel sind, haben also 4 gleichartige Flächen; an denen, welche der Orthodiagonale parallel sich erstrecken, sind nur je zwei gegenüberliegende Flächen gleichartig. In der Richtung der letzteren Axen finden sich also weniger gleichartige Flächen, als in den Richtungen der ersteren.

ramiden, da jede monoklinometrische Pyramide eine Combination von zweierlei ungleichen Flächen, von zwei Hemipyramiden ist. In diesem System giebt es gar keine geschlossene Formen; jeder hierher gehörige vollständig ausgebildete Krystall muss eine Combination verschiedenartiger Flächen sein.

Für die Beurtheilung der Combinationen sind auch in diesem Systeme gewisse Beziehungen zwischen dem Axenverhältniss verschiedener Formen und der Lage ihrer Combinationskanten (entsprechend den §. 255 bei dem rhombischen System besprochenen Beziehungen), von grösster Wichtigkeit. Nämlich:

Je zwei Flächen, welche die Orthodiagonale und die Klinodiagonale in demselben Verhältniss schneiden, bilden Combinationskanten, die dem basischen Hauptschnitt parallel sind.

Je zwei Flächen, welche die Orthodiagonale und die Hauptaxe in demselben Verhältniss schneiden, bilden Combinationskanten, die dem orthodiagonalen Hauptschnitt parallel sind.

Je zwei Flächen, welche die Klinodiagonale und die Hauptaxe in demselben Verhältniss schneiden, bilden Combinationskanten, die dem klinodiagonalen Hauptschnitt parallel sind.

Sehr häufig herrschen in den Combinationen des mono- §. 311.
klinometrischen Systems das Prisma ∞P und die basische Endfläche $0P$ so vor, dass man diese einfachere Combination (Fig. 63) als den Ausgangspunkt für die Beschreibung des Krystalls annimmt. Man bezeichnet sie auch oft geradezu als schiefes rhombisches Prisma (auch als Hendyoëder oder Dyhenoëder). Die Endfläche ist auf die im klinodiagonalen Hauptschnitt liegenden Prismakanten (*b*) gerade, auf die im orthodiagonalen liegenden (*a*) schief aufgesetzt. Bald sind die ersteren Kanten die schärferen (so z. B. bei dem essigsauren Natron), bald die letzteren (so z. B. bei dem Piperin*).

Diese Combination $\infty P.0P$ kann einem Rhomboëder sehr ähnlich sehen (und häufig werden Krystalle, welche sie zeigen, unrichtig als rhomboëdrische bezeichnet), wenn (Fig. 63) die Prismakanten *b* etwa eben so lang sind, als die Combinations

*) Modell 45 zeigt eine Grundform $\pm P$ (vergl. §. 304), Modell 46 dieselbe mit ∞P, Modell 49 dieses Prisma ∞P mit $0P$. Es ist hier die orthodiagonale Prismakante die schärfere; Modell 52 zeigt dagegen ein Prisma ∞P, wo die orthodiagonale Prismakante die stumpfere ist, in Combination mit $0P$.

kanten zwischen $0P$ und ∞P (v und w), und der Kantenwinkel b an Grösse dem Kantenwinkel v oder dem w ungefähr gleichkommt. Das schwefelsaure Eisenoxydul (Eisenvitriol), namentlich wenn es noch ein anderes Metall (Kupfer z. B.) enthält, zeigt häufig die Form Fig. 312a, wenn man sich die mit $+P\infty$ bezeichneten Flächen weg und den Krystall so begrenzt denkt, wie es die feineren Linien andeuten. Diese Form wurde früher für ein spitzes Rhomboëder gehalten, dessen Endecken da liegen, wo in Fig. 312a die feineren Linien zusammenstossen. Aber diese Form ist nicht rhomboëdrisch; in diesem Falle müssten sämmtliche Flächen gleichartig sein, während an dem Eisenvitriol sehr vollkommene Spaltbarkeit parallel den Flächen $0P$, und merklich unvollkommenere parallel den Flächen ∞P stattfindet. Wäre der Krystall rhomboëdrisch, so müssten die Flächen in den drei Kanten, die zu einem vermeintlichen Endeck hinführen, unter demselben Winkel zu einander geneigt sein; aber an dem Eisenvitriol macht die Fläche $0P$ oben mit ∞P vorn rechts einen Winkel von 80°37′, während ∞P vorn rechts mit ∞P hinten rechts einen Winkel von 82°21′ macht. Wäre der Krystall rhomboëdrisch, so müsste bei Abstumpfung eines Endecks die Abstumpfungsfläche ($0P$ des hexagonalen Systems) ein gleichseitiges Dreieck und auf den drei anliegenden Rhomboëderflächen gerade aufgesetzt sein; an dem Eisenvitriol kommt eine Abstumpfungsfläche ($+P\infty$) des vermeintlichen Endecks des Rhomboëders vor, aber diese Fläche ist ein gleichschenkliges Dreieck, und sie ist nur auf $0P$ gerade, auf ∞P dagegen schief aufgesetzt. Es lassen sich leicht noch andere Merkmale auffinden (vergl. §. 325), die schiefe rhombische Säule, $\infty P.0P$, von dem Rhomboëder zu unterscheiden; die hier angeführten genügen, die Krystallform des Eisenvitriols als monoklinometrisch, und als nicht rhomboëdrisch, erkennen zu lassen.

§. 312. Die klinodiagonalen (im klinodiagonalen Hauptschnitt liegenden) Kanten des Prisma's ∞P werden durch das orthodiagonale Flächenpaar $\infty P\infty$ gerade abgestumpft. Fig. 308 zeigt $\infty P.0P.\infty P\infty$, wie es an dem Zucker leicht beobachtet wird*). Ist diese Combination nur an dem Einen Ende der Orthodiagonale ausgebildet, so könnte man sie und die hemi-

*) Modell 52 zeigt $\infty P.0P$, Modell 53 $\infty P.0P.\infty P\infty$.

edrische Combination $\infty P . + \frac{P}{2}$ des rhombischen Systems (wenn diese nur an dem Einen Ende der Hauptaxe ausgebildet ist) verwechseln, wenn man an letzterer (vergl. Fig. 255, Mod. 43) zwei Flächen $+\frac{P}{2}$ als zu dem schiefen rhombischen Prisma gehörig, zwei Flächen ∞P als die basischen und die zwei anderen als die orthodiagonalen Endflächen betrachtete. Bei vollkommen ausgebildeten Krystallen ist die Verwechselung nicht möglich, weil bei der genannten hemiëdrischen Combination die Richtungen der Kanten, welche den Krystall an beiden Enden begrenzen, sich kreuzen (vergl. §. 279); bei unvollkommen ausgebildeten liegt ein Anhaltspunkt zur Unterscheidung in dem Umstande, dass an dem rhombischen Krystall die 4 Flächen ∞P gleichartig, an dem monoklinometrischen aber $0P$ und $\infty P \infty$ ungleichartig sind.

Die orthodiagonalen Kanten des Prisma's ∞P werden abgestumpft durch die klinodiagonalen Endflächen $[\infty P \infty]$; so sind sie es in der Fig. 307 dargestellten Form des essigsauren Natrons, oder in der Fig. 313a dargestellten des Eisenvitriols*).

Die Combination $\infty P . \infty P \infty$ oder $\infty P . [\infty P \infty]$ kann einem hexagonalen Prisma ähnlich sehen; die Unterscheidungsmerkmale ergeben sich leicht aus dem, was §. 264 bezüglich der ähnlichen rhombischen Combinationen bemerkt wurde. (Vergl. auch §. 328.)

§. 313. Wenn die basischen Endflächen $0P$ und die orthodiagonalen $\infty P \infty$ vorherrschen, so begrenzen sie den Raum in ähnlicher Weise, wie ein rhombisches Prisma, sind aber durch die Ungleichartigkeit der Flächen davon zu unterscheiden. Die genannten zwei Flächen herrschen z. B. vor bei dem gewässerten schwefelsauren Natron (Glaubersalz), Fig. 335, aber hier findet sehr vollkommene Spaltbarkeit nach $\infty P \infty$, sehr wenige nach $0P$ statt, was die zweierlei Flächen deutlich als ungleichartige erkennen lässt. Die zweierlei Flächen herrschen vor bei dem Zucker, Fig. 308; man könnte sie vielleicht für gleichartig, für Flächen eines rhombischen Prisma's, halten, und die (Fig. 309)

*) An Mod. 47 ist die vorwaltende Form ein schiefes rhombisches Prisma; Mod. 48 zeigt dasselbe mit abgestumpften orthodiagonalen Kanten.

mit $+P\infty$ bezeichneten Flächen, welche sich auch häufig an dieser Substanz finden, für Abstumpfungsflächen zweier Kanten dieses Prisma's. Aber $+P\infty$ ist zu den zwei anliegenden vermeintlichen Prismaflächen keineswegs unter demselben Winkel geneigt; es macht mit $0P$ einen Winkel von 140°56′, mit $\infty P\infty$ einen Winkel von 115°48′, was die Ungleichartigkeit beider Flächen, und dass sie zusammengehörige Prismaflächen nicht sind, erkennen lässt. (Vergl. noch §. 326).

§. 314. Wenn die basischen Endflächen $0P$ und die klinodiagonalen $[\infty P\infty]$ vorherrschen, so begrenzen sie den Raum in ähnlicher Weise wie ein quadratisches Prisma, oder wie die Combination zweier Endflächen des rhombischen Systems (vergl. §. 257), da sie rechtwinklig zu einander geneigt sind; so in der Fig. 323 dargestellten Form des Feldspaths. Von dem quadratischen Prisma unterscheidet sich die monoklinometrische Combination $0P.[\infty P\infty]$ durch die Ungleichartigkeit ihrer Flächen; so ist an dem Feldspath (Fig. 323) vollkommenere Spaltbarkeit parallel $0P$, als parallel $[\infty P\infty]$ vorhanden; ebenso auch dadurch, dass bei vollständiger Begrenzung die Flächen $0P$ anders gestaltet und zu den übrigen Flächen anders gelegen sind, als die $[\infty P\infty]$. — Von der rhombischen Combination zweier Endflächen unterscheidet sich die monoklinometrische $0P.[\infty P\infty]$ dadurch, dass $0P$ nach Einer Seite hin anders begrenzt ist, als nach der anderen (vergl. die Feldspathform Fig. 323). Letzteres wird später (§. 324) noch ausführlicher erörtert, und überhaupt die Unterscheidung der Combination $0P.[\infty P\infty]$ noch einmal (§. 329) besprochen werden.

Solche Begrenzung des Raumes durch vorwaltende rechtwinklig zu einander geneigte Flächen kann auch hervorgebracht werden durch das Vorherrschen der orthodiagonalen und der klinodiagonalen Endflächen, $\infty P\infty$ und $[\infty P\infty]$. Sie findet sich z. B. auf diese Art an dem Kobaltidcyankalium (Fig. 302), an dem Borax (Fig. 311). Sie wird von den genannten Formen anderer Systeme, mit welchen sie Aehnlichkeit hat, wie eben angegeben, unterschieden.

§. 315. Herrschen die dreierlei Endflächen, $0P$, $\infty P\infty$, $[\infty P\infty]$ vor (wie in Fig. 64 oder Mod. 51, wo sie allein den Raum begrenzen), so entsteht eine Form, welche manchmal als schiefes rectanguläres Prisma bezeichnet wird. Man könnte dieselbe

verwechseln mit einem verzerrten (vergl. §. 278) rhombischen Prisma, welches durch Endflächen begrenzt ist, indem man (Fig. 64) $[\infty P\infty]$ für die Endfläche, $0P$ und $\infty P\infty$ für Prismaflächen hielte; man unterscheidet sie daran, dass die vermeintlichen Prismaflächen nicht gleichartig sind. Die in Fig. 64 allein dargestellten Flächen herrschen z. B. manchmal vor bei dem Borax, aber es findet keine Spaltbarkeit statt parallel $0P$, während solche statt hat parallel $\infty P\infty$.

§. 316. Die Combinationskanten zwischen $0P$ und ∞P (Fig. 63) sind zweierlei Art: schärfere w und stumpfere v. Diese Kanten sind ungleichartig, und sie werden auch von ungleichartigen Flächen abgestumpft, nämlich erstere von den $+$ Flächen, letztere von den $-$ Flächen (vergl. §. 304) der Grundform $\pm P$ oder irgend einer Pyramide der Hauptreihe $\pm mP$*). So finden sich an dem ameisensauren Kupferoxyd (Fig. 306), so an dem essigsauren Kupferoxyd (Grünspan) (Fig. 304) die schärferen Combinationskanten zwischen $0P$ und ∞P durch $+P$ abgestumpft; so an dem essigsauren Natron (Fig. 307), an dem Eisenvitriol (Fig. 317) die stumpferen Combinationskanten durch $-P$. Hemipyramiden derselben Ordnung, aber von verschiedenen Axenverhältnissen, können die Kanten zwischen $0P$ und ∞P ersetzen; so findet man an dem Tinkal (natürlichem Borax) die schärferen Kanten zwischen $0P$ und ∞P häufig durch $+P$ und $+2P$ ersetzt (Fig. 310). Auch die zwei Hemipyramiden derselben Pyramide treten manchmal in dieser Art auf; so stumpft an dem phosphorsauren Natron-Kali (Fig. 345) $+P$ die schärferen, $-P$ die stumpferen Combinationskanten zwischen $0P$ und ∞P ab; aber die $+$ und die $-$ Flächen von P sind auch hier wieder ganz unabhängig von einander; die einen können untergeordneter oder selbst verschwunden sein, ohne dass es auch die anderen zu sein brauchen. Manchmal kommt es auch vor, dass an der Stelle der stumpferen Kanten zwischen $0P$ und ∞P sich eine $-$ Hemipyramide, an der Stelle der schärferen Kanten sich mehrere $+$ Hemipyramiden finden, oder umgekehrt; so zeigt eine Varietät des Augits (Fig. 327) die stumpferen Kanten zwischen $0P$ und ∞P durch $-P$, die schärferen durch $+P$ und $+2P$ ersetzt.

*) Modell 49 zeigt $\infty P.0P$; Modell 50 $\infty P.0P.-P$.

§. 317. Die Flächen $\pm P$ zeigen sich manchmal ziemlich im Gleichgewicht in Verbindung mit dem Hauptprisma ∞P*); so an dem Gyps (Fig. 296), wo aber auch noch die klinodiagonalen Endflächen $[\infty P\infty]$ hinzutreten (Fig. 297); so an dem Ferridcyankalium (Kaliumeisencyanid, Fig. 300), wo noch die orthodiagonalen Endflächen $\infty P\infty$ zugegen sind. Aber dieses Gleichgewicht der + und — Flächen von P ist etwas zufälliges: die — Flächen von P können auch die vorwaltenden oder ganz ohne die + Flächen zugegen sein, und umgekehrt. Fig. 297 zeigt eine Combination des Gypses $\infty P.[\infty P\infty]$ mit $+P$ und $-P$, Fig. 298 (wo die punktirten Linien jetzt nicht zu beachten sind) eine Form desselben Körpers, wo $\infty P.[\infty P\infty]$ nur mit $-P$ combinirt sind. Fig. 332 zeigt im Gegentheil eine gewöhnliche Form des krystallisirten kohlensauren Natrons (der Soda), wo mit ∞P und $[\infty P\infty]$ nur die + Flächen der Grundform P combinirt sind.

Es können diese Combinationen, wenn die Flächen der Hemipyramide ($-P$ in Fig. 298, $+P$ in Fig 332) etwa in derselben Ausdehnung vorhanden sind wie die Prismaflächen ∞P, Aehnlichkeit mit einer abgestumpften rhombischen Pyramide haben; in den angeführten Formen könnte man die Flächen $[\infty P\infty]$ für Endflächen, die anderen für Rhombenpyramidenflächen halten. Man vermeidet den Irrthum durch die Untersuchung der Winkel; in der monoklinometrischen Combination $\infty P.[\infty P\infty]$ mit $+P$ oder $-P$ machen je zwei + oder $-P$-flächen einen anderen Winkel mit einander, als zwei zusammenstossende ∞Pflächen, während bei der Rhombenpyramide die Flächen in allen Kanten, welche in demselben Hauptschnitt liegen, unter demselben Winkel zusammenstossen.

§. 318. In der Combination $0P.\ \infty P\infty.[\infty P\infty]$ (Fig. 64) bildet $0P$ mit $\infty P\infty$ und $[\infty P\infty]$ zweierlei Ecken, spitzere w und stumpfere v. Erstere werden abgestumpft durch + Flächen, letztere durch — Flächen einer Pyramide. So zeigt Fig. 311 an einer Form des Borax die Flächen $0P.\ \infty P\infty.[\infty P\infty]$, wo die spitzeren Combinationsecken durch $+P$ und $+2P$ (x) ersetzt sind. So kann man die Fig. 302 dargestellte Form des

*) Modell 45 zeigt $\pm P$ (vergl. §. 304), Modell 46 $\pm P.\ \infty P$, Modell 47 $+P.\ \infty P$, Modell 48 $+P.\ \infty P.[\infty P\infty]$.

Kobaltidcyankaliums betrachten als $\infty P\infty . [\infty P\infty]$, wo die spitzeren Ecken, welche diese Flächen mit $0P$ bilden würden, durch $+P$, die stumpferen durch vorherrschendere Flächen von $-P$ ersetzt sind.

Die Ecken, welche $0P$ in der Combination mit ∞P bildet §. 319.
(Fig. 63), sind dreierlei Art. In dem orthodiagonalen Hauptschnitt liegen 4 $[x]$, welche unter sich gleichartig sind. Sie werden abgestumpft durch ein klinodiagonales Prisma $[P\infty]$ oder $[mP\infty]$. So sind diese Ecken in der Fig. 309 dargestellten Form des Zuckers, auch in der Fig. 314b dargestellten Form des Eisenvitriols, durch $[P\infty]$ abgestumpft.

In dem klinodiagonalen Hauptschnitt der Combination $0P . \infty P$ (Fig. 63) liegen gleichfalls 4 Ecken, aber diese sind zweierlei Art. Zwei spitzere, z, liegen den spitzen Winkeln des Axensystems, zwei stumpfere, y, den stumpfen gegenüber. Erstere werden abgestumpft durch die $+$ Flächen der orthodiagonalen Domen (vergl. §. 308), letztere durch die $-$ Flächen derselben. So sind in Fig. 312a und 313a, Formen des Eisenvitriols, die schärferen Ecken abgestumpft durch $+P\infty$; und dieselben in Fig. 318, einer Form des Feldspaths, und Fig. 304, einer Form des Grünspans, durch $+2P\infty$. So sind in Fig. 314a, einer Form des Eisenvitriols, die stumpferen Ecken abgestumpft durch $-P\infty$. Manchmal auch werden solche Ecken durch Flächen mehrerer orthodiagonalen Hemidomen ersetzt; so in Fig. 346 (einer Form des phosphorsauren Natron-Ammoniumoxyds) die spitzeren Ecken zwischen $0P$ und ∞P in dem klinodiagonalen Hauptschnitt durch die Flächen $+2P\infty$ und $+4P\infty$.

Werden in der eben besprochenen Combination $\infty P . 0P . +P\infty$ (vergl. Fig. 312a) letztere Flächen so vorherrschend, dass die im klinodiagonalen Hauptschnitt liegenden Prismakanten ganz verschwinden (wie in Fig. 312b, Eisenvitriol), so kann die Combination einige Aehnlichkeit mit dem Oktaëder erhalten, wovon sie indess leicht dadurch zu unterscheiden ist, dass keine einzige Fläche gleichseitig dreieckig ist, dass die Flächen dreierlei Art, und je 4 in einer Ebene liegende Kanten zweierlei Art sind (oder die Flächen in ihnen unter zweierlei Winkeln zusammenstossen). Diese oktaëderähnliche Combination findet sich manchmal an dem Eisenvitriol.

§. 320. Die Kanten, welche $0P$ mit den klinodiagonalen und mit den orthodiagonalen Endflächen bildet (vergl. Fig. 64), sind folgende. Mit den klinodiagonalen Endflächen $[\infty P\infty]$ bildet es 4 gleichartige Kanten vw; diese werden abgestumpft durch die Flächen irgend eines klinodiagonalen Doma's wie z. B. in Figur 314b (Eisenvitriol) durch $[P\infty]$, in Fig. 323 (Feldspath) durch $[2P\infty]$. Mit den orthodiagonalen Endflächen $\infty P\infty$ bildet aber $0P$ zweierlei Kanten (vergl. Fig. 64); zwei schärfere ww, den spitzen Winkeln des Axensystems gegenüberliegende, und zwei stumpfere vv, den stumpfen gegenüberliegende. Erstere werden abgestumpft durch die $+$, letztere durch die $-$ Flächen irgend eines orthodiagonalen Doma's. So stumpft an dem Zucker (Fig. 309), und dem Glaubersalz (Fig. 335) $+P\infty$, so an dem zweifach-kohlensauren Kali (Fig. 334) $+2P\infty$ die schärferen Combinationskanten zwischen $0P$ und $\infty P\infty$ ab; so an dem letzterwähnten Salz $-P\infty$ die stumpferen Combinationskanten zwischen den genannten zweierlei Flächen.

§. 321. Die in dem klinodiagonalen Hauptschnitt liegenden Kanten irgend einer Hemipyramide $+mP$ werden durch das orthodiagonale Hemidoma $+mP\infty$, ebenso diese Kanten von $-mP$ durch $-mP\infty$ gerade abgestumpft. So stumpft $+P\infty$ am phosphorsauren Natron-Kali (Fig. 345) die zwischen je zwei $+P$flächen liegenden Kanten, so $-P\infty$ am Eisenvitriol (Fig. 315a) die zwischen je zwei $-P$flächen liegenden Kanten ab, unter Hervorbringung paralleler Combinationskanten. Hemidomen, welche die Klinodiagonale und die Hauptaxe in einem anderen Verhältniss schneiden, als es die Flächen einer Hemipyramide thun, ersetzen die im klinodiagonalen Hauptschnitt liegenden Kanten der letzteren unter Bildung nicht paralleler Combinationskanten, und zwar bringt irgend eine Hemipyramide mit einem stumpferen Hemidoma Combinationskanten hervor, die nach den Enden des Krystalls zu divergiren, mit einem schärferen hingegen solche, die nach den Enden des Krystalls zu convergiren. So kommt an dem Eisenvitriol (Fig. 315a) ausser $-P\infty$, dessen Flächen mit $-P$ parallele Combinationskanten bilden, auch das stumpfere Hemidoma $-\frac{1}{3}P\infty$ vor, und dieses bildet mit $-P$ Combinationskanten, welche nach dem nächst gelegenen Ende des Krystalls (die oberen nach dem oberen, die unteren nach dem unteren Ende der Hauptaxe)

divergiren. In Fig. 315a, wo (wie in der Regel bei den hier mitgetheilten Zeichnungen) die Klinodiagonale von links nach rechts, die Orthodiagonale auf den Beobachter zu gerichtet ist, erscheint diese Fläche $-\frac{1}{3}P\infty$ nicht deutlich; man sieht sie besser, wenn man sich den Krystall so gestellt denkt, dass die Klinodiagonale auf den Beobachter zu und die Orthodiagonale von links nach rechts gerichtet ist, und in dieser Stellung zeigt Fig. 315b denselben Krystall. An dem Grünspan (Fig. 304), an dem schwefelsauren Nickeloxydul-Kali (Fig. 339) und vielen anderen monoklinometrischen Krystallen kommt mit $+P$ das schärfere Hemidoma $+2P\infty$ vor, und bildet mit $+P$ Combinationskanten, welche nach den nächst gelegenen Enden des Krystalls zu convergiren. Diese in Verbindung mit $+P$ und ∞P häufig vorkommenden Flächen $+2P\infty$ sind daran leicht kenntlich, dass je eine ihrer Combinationskanten zu $+P$ je einer zu ∞P parallel ist (vergl. Fig. 304); ebenso bildet $-2P\infty$ in Combination mit $-P$ und ∞P Flächen, welche durch parallele Kanten begrenzt sind (so an dem phosphorsauren Natron-Ammoniumoxyd, Fig. 346). — An der Fig. 322 dargestellten Form des Feldspaths sieht man gleichfalls deutlich die Verschiedenheit in der Combination schärferer oder stumpferer Hemidomen mit einer Hemipyramide. Die im klinodiagonalen Hauptschnitt liegenden Kanten von $+P$ sind durch Flächen mehrerer Hemidomen ersetzt; das eine bildet mit $+P$ parallele Combinationskanten, und ist also $+P\infty$; ein anderes nach dem nächsten Ende des Krystalls hin divergirende, und ist also ein stumpferes Hemidoma, $+mP\infty$ wo $m<1$ (eine Messung ist nöthig, um m genauer zu $^2/_3$ zu bestimmen); ein drittes nach dem nächsten Ende des Krystalls hin convergirende, und ist also $+mP\infty$ wo $m>1$ (dass m hier $=2$, sieht man dann aus dem Parallelismus der sich gegenüberliegenden Combinationskanten zu ∞P und zu $+P$).

§. 322. Ein klinodiagonales Doma bildet mit einer Hemipyramide, deren Flächen die Orthodiagonale und die Hauptaxe in demselben Verhältniss schneiden, Combinationskanten, welche dem orthodiagonalen Hauptschnitt parallel sind; so $[P\infty]$ mit $-P$ an dem Eisenvitriol (Fig. 317), mit $+P$ an dem Glaubersalz (Fig. 335). Mit den zwei zusammengehörigen Hemipyramiden $+P$ und $-P$ (welche sich z. B. an dem phosphorsauren Natron-

Kali Fig. 345 vorfinden) würde $[P\infty]$ parallele Combinationskanten bilden. $[P\infty]$ ist das am häufigsten vorkommende klinodiagonale Doma; nächst ihm $[2P\infty]$, daran kenntlich, dass es nach $+P$ (oder $-P$) und nach ∞P hin parallele Combinationskanten bildet (so an der Fig. 322 dargestellten Form des Feldspaths).

Wenn ein orthodiagonales Hemidoma, allgemein $\pm mP\infty$, zu der Combination des Prisma's ∞P mit einem klinodiagonalen Doma $[nP\infty]$ tritt, so lässt sich leicht sehen, ob $m=n$ ist, indem in diesem Fall $[nP\infty]$ parallele Combinationskanten nach ∞P und nach $\pm mP\infty$ hin bildet. (Vergl. Fig. 331, eine Form des chlorsauren Baryts $\infty P.[P\infty].-P\infty$, wo also $m=n=1$).

§. 323. Ausser dem Prisma ∞P kommen noch andere, secundäre, Prismen vor, deren Flächen der Hauptaxe parallel gehen, allgemein ∞Pn und $[\infty Pn]$, in welchen Zeichen wir immer $n>1$ voraussetzen wollen. Ein Prisma ∞Pn bringt Zuschärfungen der im klinodiagonalen Hauptschnitt liegenden Kanten von ∞P hervor, (so $\infty P3$ in der Fig. 338 dargestellten Combination), oder Abstumpfungen der Combinationskanten zwischen ∞P und $\infty P\infty$ (so $\infty P2$ in der Fig. 345 dargestellten Form des phosphorsauren Natron-Kali's). Ein Prisma $[\infty Pn]$ bringt Zuschärfungen der im orthodiagonalen Hauptschnitt liegenden Kanten von ∞P hervor, oder Abstumpfungen der Combinationskanten zwischen ∞P und $[\infty P\infty]$ (so $[\infty P2]$ an der Fig. 337 dargestellten Form des unterschwefligsauren Natrons, oder an der Fig. 339 gezeichneten Form des schwefelsauren Nickeloxydul-Kali's und anderer damit isomorpher Doppelsalze; entsprechend finden sich an der Fig. 323 dargestellten Form des Feldspaths manchmal die Kanten zwischen $[\infty P\infty]$ und ∞P durch $[\infty P3]$ abgestumpft).

Ausser den Flächen der Grundform $\pm P$ kommen Flächen noch anderer Pyramiden vor, doch meistens solcher, welche gleiche Basis mit der Grundform und relativ verschiedene Hauptaxe haben; so z. B. an dem Borax und an dem Augit (Fig. 310 und 327) ausser $+P$ auch $+2P$. Seltener kommen Flächen von Pyramiden aus der klino- oder der orthodiagonalen Zwischenreihe vor; an dem Eisenvitriol zeigt sich z. B. manchmal $+[2P2]$, und stumpft die Combinationskanten zwischen $[P\infty]$ und ∞P ab (Fig. 317).

§. 324. Aus dem, was hier mitgetheilt wurde, ergiebt sich, dass die monoklinometrischen Combinationen mit denen des rhombischen Systems viele Uebereinstimmung zeigen; der hauptsächlichste Unterschied liegt darin, dass in den ersteren, im Zusammenhang damit dass hier die Hauptaxe mit der Klinodiagonale zweierlei Winkel bildet, Hemipyramiden und Hemidomen auftreten, während in den letzteren im Allgemeinen die Pyramiden und die Domen sich mit allen Flächen zeigen. Eine Krystallform des rhombischen Systems ist — abgesehen von den immerhin seltenen Fällen von Hemiëdrie, die im §. 279c besprochen wurden — von den Stellen, wo die Hauptaxe ausmündet, nach beiden Seiten in dem makrodiagonalen Hauptschnitt gleich ausgebildet, und ebenso nach beiden Seiten in dem brachydiagonalen; ein rhombischer Krystall, richtig gestellt, ist oben vorn ausgebildet wie oben hinten, und oben rechts wie oben links. Die monoklinometrischen Krystallformen sind hingegen in dem klinodiagonalen Hauptschnitt anders ausgebildet gegenüber den spitzen Winkeln als gegenüber den stumpfen Winkeln des Axensystems; ein monoklinometrischer Krystall, so gestellt wie oben §. 302 angegeben wurde, ist zwar auch oben vorn so ausgebildet wie oben hinten, aber oben rechts anders als oben links.

§. 325. In dem Vorstehenden sind die wichtigsten Combinationen der verschiedenen einfachen Formen dieses Systems abgehandelt. Wir wollen hier noch einige namentlich unter dem Gesichtspunkt durchgehen, wie sie von ähnlichen Krystallformen anderer Systeme zu unterscheiden sind.

Es wurde bereits (§. 311) der Aehnlichkeit der Combination $\infty P.0P$ mit einem Rhomboëder erwähnt, und angeführt, wie eine Fläche als Unterscheidungsmerkmal dienen kann, welche bei rhomboëdrischer Krystallform als Endfläche zu bestimmen wäre. Gemischte schwefelsaure Doppelsalze, z. B. kobalthaltiges schwefelsaures Nickeloxydul-Kali, krystallisiren zuweilen in einer Form, welche einem stumpfen Rhomboëder sehr ähnlich sieht, etwa wie Fig. 63, wo y die Endecken des scheinbaren Rhomboëders darstellt. Man findet meist die mit z bezeichneten Ecken abgestumpft durch Flächen, welche auf die Kanten b gerade aufgesetzt sind; man könnte diese Flächen für die eines spitzeren Rhomboëders entgegengesetzter Ordnung halten, von

der Voraussetzung ausgehend, die Ecken s und x seien die Seitenecken des vorherrschenden Rhomboëders. Aber es muss da auffallen, dass nur die zwei sich gegenüberliegenden Ecken s abgestumpft sind, und nicht die vier Ecken x; die Regelmässigkeit, welche hierin liegt, macht es unwahrscheinlich, dass dieser Umstand auf unvollkommener Ausbildung der Combination beruhe, und giebt wenigstens Anlass, die Krystallform genauer zu untersuchen. Da findet sich denn, dass die Flächen in den vermeintlichen Endkanten des Rhomboëders (b und v) keineswegs unter demselben Winkel zusammenstossen, sondern in b unter etwa $108^1/_2{}^0$, in v unter $102^1/_2{}^0$. Der Krystall ist monoklinometrisch: $\infty P . 0P$, wo die schärferen Ecken im klinodiagonalen Hauptschnitt durch ein Hemidoma $+mP\infty$ abgestumpft sind.

Es ist leicht einzusehen, mit welchen monoklinometrischen Combinationen andere rhomboëdrische Formen Aehnlichkeit haben. Fig. 312a zeigt eine rhomboëderähnliche Combination $\infty P . 0P$ (vergl. §. 311); würden hier noch $+P$ und $\infty P\infty$ auftreten, so könnte eine Form entstehen, welche der Combination eines Rhomboëders mit seinem ersten stumpferen (vergl. §. 209 und 210) ähnlich wäre.

§. 326. Der möglichen Verwechslung eines rhombischen Prisma's mit einer Combination ungleichartiger Flächen aus dem monoklinometrischen System wurde schon §. 313 erwähnt. An der Fig. 333 dargestellten Form des anderthalbfach-kohlensauren Natrons (der Trona) könnte man (bei anderer Stellung) die Flächen $0P$ und $+P\infty$ für die 4 Flächen eines geraden rhombischen Prisma's, und die Flächen ∞P für die eines horizontalen Prisma's halten; es findet sehr vollkommene Spaltbarkeit statt nach $+P\infty$, aber nicht nach $0P$, und die in Fig. 333 mit ∞P bezeichnete Fläche vorn links macht mit $0P$ einen anderen Winkel, als ∞P vorn rechts mit $+P\infty$, was sich mit jener Bestimmung nicht vereinigen lässt und sie widerlegt. — An der Fig. 336 gezeichneten Form der Oxalsäure könnte man (bei anderer Stellung) $+P\infty$ und $-P\infty$ für Flächen eines geraden rhombischen Prisma's halten (beide stossen unter $127°16'$ zusammen), $0P$ für die brachydiagonale Endfläche, ∞P für die Flächen eines makrodiagonalen, $[P\infty]$ für die eines brachydiagonalen Prisma's. Aber $0P$ ist gegen die angrenzenden Flächen $+P\infty$ und $-P\infty$ nicht gleich geneigt, sondern

gegen die erstere unter 103°24′, gegen letztere unter 129°20′, eine Fläche ∞P macht mit den anstossenden Flächen $+P\infty$ und $-P\infty$ verschiedene Winkel, was sich mit der Annahme einer geraden rhombischen Combination nicht verträgt. — An der Fig. 344 gezeichneten Form der gewässerten kohlensauren Magnesia könnte man ebenso $0P$ und $\infty P\infty$ für die Flächen eines geraden rhombischen Prisma's, $[P\infty]$ und ∞P für Pyramidenflächen, von welchen 4 in Einer Zone befindlichen zufällig vorwaltend wären (vergl. §. 278), $[\infty P\infty]$ für die basische Endfläche halten; aber $[P\infty]$ macht mit $0P$ einen Winkel von $120^1/_2{}^0$, während ∞P mit $\infty P\infty$ einen Winkel von $133^1/_4{}^0$ bildet. Wäre die Combination rhombisch, so müsste jede Pyramidenfläche zu der anliegenden Prismafläche unter demselben Winkel geneigt sein. — Die Fig. 343 dargestellte Form des neutralen weinsauren Ammoniumoxyds könnte in Versuchung führen, $+P\infty$ und $\infty P\infty$ für Flächen eines geraden rhombischen Prisma's, $[P\infty]$ für ein horizontales Doma zu halten, aber die Abstumpfungsfläche $(0P)$ der Kanten des vermeintlichen rhombischen Prisma's macht mit $\infty P\infty$ einen Winkel von 91°51′, mit $+P\infty$ einen von 127°40′. Herrschen hier die Flächen $[P\infty]$, $+P\infty$ und $\infty P\infty$ gleichmässig vor, so hat diese monoklinometrische Combination das Ansehen einer abgestumpften Pyramide mit rectangulärer Basis, deren Axe zu dieser Basis schief geneigt ist.

§. 327. Die Combinationen der schiefen rhombischen Prismen können mit denen der geraden rhombischen Prismen grosse Aehnlichkeit haben; die Stellung und die Eigenschaften der anderen Flächen geben hier die Anhaltspunkte zur Unterscheidung ab. Eine monoklinometrische Combination z. B., wie die Fig. 338 gezeichnete, könnte man für eine rhombische Combination zweier vertikaler Prismen mit einem horizontalen Doma halten; als monoklinometrische Form wird sie daran erkannt, dass die Flächen dieses vermeintlichen Doma's aus dem rhombischen System mit den anliegenden Prismaflächen verschiedene Winkel bilden; es sind erstere Flächen ($0P$ und $+P\infty$) gegen die Axe der Prismen unter verschiedenen Winkeln geneigt. Im Gegentheil wird die Fig. 442 dargestellte und in §. 279 c besprochene Form des Wolframs, welche monoklinometrischen Habitus zeigt, als rhombisch, nur mit hemiëdrischer

Ausbildung, betrachtet, weil jede von den zwei oben oder unten gelegenen, mit $^1/_2\breve{P}\infty$ bezeichneten Flächen gegen die Hauptaxe unter demselben Winkel geneigt zu sein scheint.

§. 328. Wenn die Flächen $\infty P.[\infty P\infty].+P.0P$ in dem Grad des gegenseitigen Vorherrschens combinirt sind, wie dies Fig. 330 (Hornblende) zeigt, so kann diese Combination Aehnlichkeit haben mit der Fig. 230 gezeichneten Combination eines Rhomboëders mit dem zweiten hexagonalen Prisma; man könnte $0P$ und $+P$ für Rhomboëderflächen, die anderen für Prismaflächen halten. Die Beobachtung, dass Spaltbarkeit nur parallel den 4 Flächen ∞P stattfindet, und Winkelmessungen unmittelbar würden von der Unrichtigkeit dieser Annahme überzeugen. — Mit dieser monoklinometrischen Combination hat oft die verzerrte quadratische Combination $P.\infty P\infty$ grosse Aehnlichkeit (vergl. §. 158). — In dieser monoklinometrischen Combination sind alle Flächen Rhomben oder Rhomboide; wären die der Hauptaxe parallelen Flächen in der Richtung dieser Axe mehr verkürzt, so könnte die Combination auch eine entfernte Aehnlichkeit mit dem Rhombendodekaëder haben (vergl. dasselbe in der Fig. 124 gezeichneten Stellung); über die Unterscheidung hiervon etwas zu sagen ist unnöthig.

§. 329. Die Unterscheidung der Flächen $0P.[\infty P\infty]$ (z. B. in der Feldspathform Fig. 323.) von einem quadratischen Prisma ist meistens leicht (vergl. §. 314.), wenn der Krystall vollständig ausgebildet ist; in einigen Fällen kann jedoch die Unterscheidung Schwierigkeiten haben. $0P$ verhält sich im Allgemeinen; z. B. in Beziehung auf Spaltbarkeit, anders als $[\infty P\infty]$, aber an dem Feldspath z. B. ist der Unterschied in der Spaltbarkeit nach diesen zweierlei Flächen nicht bedeutend. Ein klinodiagonales Doma $[mP\infty]$ stumpft im Allgemeinen die Kanten zwischen $0P$ und $[\infty P\infty]$ schief ab, aber die Flächen des am Feldspath vorkommenden Doma's $[2P\infty]$ sind fast rechtwinklig (unter $90^0 7'$ im klinodiagonalen Hauptschnitt) zu einander geneigt, so dass auch eine solche Fläche mit der anstossenden $0P$fläche und $[\infty P\infty]$fläche fast genau denselben Winkel macht (mit ersterer einen von $135^0 3^1/_2'$, mit letzterer einen von $134^0 56^1/_2'$). Die so sehr nahe Uebereinstimmung dieser Neigungen könnte an einem unvollständigen Krystall wohl verleiten, die Flächen $0P.[\infty P\infty]$ für die eines quadratischen Prisma's, die von

$[2P\infty]$ für die eines eben solchen von entgegengesetzter Ordnung (welche zu den ersteren unter 135° geneigt sein müssten) zu halten. An einem vollständig ausgebildeten Krystall, wie Fig. 323, tritt indess der monoklinometrische Charakter unverkennbar hervor. — Wenn in der Combination $0P.[\infty P\infty].\infty P.+P$ die beiden letzteren Formen nahe im Gleichgewicht auftreten, so kann die ganze Krystallgestalt Aehnlichkeit haben mit der quadratischen Combination $\infty P\infty . P$ (Fig. 192, Mod. 24), welche letztere ihrerseits auch manchmal dadurch monoklinometrischen Habitus annimmt, dass zwei aneinanderliegende Pflächen vor den zwei anderen desselben Endes vorherrschend sind (vergl. §. 158). Das schwefelsaure Cadmiumoxyd krystallisirt manchmal in Formen, welche ein solches quadratisches Ansehen haben. Die Krystalle sehen oft etwa wie Fig. 323 aus, wenn man sich daran $+2P\infty$ wegdenkt, $+P\infty$ sehr schwach, und $+P$ und ∞P etwa gleich gross auftretend. Dass die mit $+P$ und ∞P bezeichneten Flächen nicht solche einer quadratischen Pyramide sind, erkennt man leicht daran, dass die von ihnen an jedem Ende des Krystalls gebildeten vier Kanten nicht einerlei, sondern dreierlei Art sind (∞P ist zu ∞P unter 109°34′, $+P$ zu $+P$ unter 115°36′, $+P$ zu ∞P unter 126°5′ geneigt). Dass die mit $0P$ und $[\infty P\infty]$ bezeichneten Flächen nicht die eines quadratischen Prisma's sind, erkennt man hier auch leicht daran, dass die Flächen $[2P\infty]$ (welche man für die eines quadratischen Prisma's gleicher Ordnung mit der anscheinenden Pyramide halten könnte) gegen $0P$ anders als gegen $[\infty P\infty]$ geneigt sind (gegen $0P$ unter 129°22′, gegen $[\infty P\infty]$ unter 140°38′).

§. 330. Was die Wahl der Grundform betrifft, so ist schon oben (§. 302) angegeben worden, dass als Hauptaxe immer eine der zu einander schiefwinklig geneigten Axen angenommen wird, und zwar diejenige, parallel welcher sich die meisten Flächen vorfinden, oder in der Richtung welcher prismatische Ausbildung stattfindet. Es kann hier auch wieder der schon bei dem rhombischen System betrachtete Fall eintreten, dass an verschiedenen Varietäten derselben Substanz die prismatische Ausbildung bald in der Richtung der einen, bald in der Richtung der anderen der einen schiefen Winkel bildenden Axen statt hat (wie bei dem Feldspath, vergl. Fig. 318 und 323);

in einem solchen Fall leitet die Rücksicht, in welcher Richtung die meisten Krystalle einer Substanz prismatisch ausgebildet sind, oder in welcher Richtung der Krystall durch die meisten gleichartigen Flächen begränzt ist, indem man ein vorwaltendes Prisma mit vier gleichartigen Flächen gewöhnlich als ein der Hauptaxe paralleles Prisma, und nicht als ein klinodiagonales Doma, zu betrachten sucht. Aber wie bei allen Krystallsystemen, wo die Natur nicht selbst die Hauptaxe bestimmt (bei allen Systemen mit relativer Hauptaxe, vergl. §. 46) und die Wahl derselben dem Ermessen des Einzelnen überlassen bleibt, können auch hier abweichende Ansichten gleich berechtigt sein, und in der That betrachten bei vielen Substanzen verschiedene Forscher verschiedene Richtungen als die der Hauptaxe.

Auch für das vorhergehende System war dieses schon hervorzuheben (§. 270), aber in dem jetzt zu untersuchenden findet noch ausserdem in einer Rücksicht Willkür statt, in welcher bei den rhombischen Krystallen keine Unsicherheit obwaltet. Bei den rhombischen Krystallen kann man über die Wahl der Hauptaxe in Ungewissheit sein und auch über die Dimensionen der Grundform (nämlich darüber, welche Flächen man als diejenigen betrachten soll, welche die Axen in den Verhältnissen der Grundform schneiden), aber nicht über die Qualität der einzelnen Flächen, ob sie Pyramidenflächen, oder prismatische Flächen, oder Endflächen sind. In dem monoklinometrischen Systeme aber ist sogar in dieser Bestimmung Unsicherheit: je zwei gleichartige einzelne Flächen kann man als Endflächen oder auch als ein Hemidoma bildend betrachten (nur $[\infty P\infty]$ kann man nicht als Hemidoma-Flächen betrachten), je vier gleichartige Flächen kann man als ein Prisma oder ein klinodiagonales Doma oder auch als eine Hemipyramide bildend betrachten. Und in der That sehen verschiedene Forscher dieselben Flächen einer Substanz so verschieden an, je nachdem sie auf die eine oder die andere Art des Vorkommens derselben u. s. w. vorzugsweise Gewicht legen; oft auch erkennt man an Einer Varietät kaum die Gründe, weshalb man einzelne Flächen so bestimmt hat und nicht anders, während an einer anderen Varietät die gewählte Stellung unzweifelhaft als die sachgemässeste sich ergiebt. — Käme der Gyps nur in der Fig. 298 dargestellten Form vor, so erschiene es ebenso

passend, die mit $-P$ bezeichneten Flächen für die eines klinodiagonalen Doma's zu nehmen, als (wie die Bezeichnung in der Figur andeutet), sie als $-P$flächen zu bestimmen; aus dem Vorkommen des Gypses in der Fig. 297 gezeichneten Form wird aber, weshalb wir der letzteren Bestimmung den Vorzug geben, deutlich. — Ebenso möchte man an der gewöhnlichen Form des Augits, Fig. 328, die hier mit $+P$ bezeichneten Flächen einfacher als die eines klinodiagonalen Doma's deuten, aber die Art, wie diese Flächen in Combination mit anderen bei einer anderen Varietät des Augits, Fig. 327, auftreten, lässt es als angemessener erscheinen, sie als $+P$ zu bestimmen. — An der Fig. 331 dargestellten Form des chlorsauren Baryts könnte man auch die mit $-P\infty$ bezeichneten Flächen als die basischen Endflächen, die mit $[P\infty]$ bezeichneten als $+P$ bestimmen; die in Fig. 331 gewählte Stellung und Bezeichnung erscheint als die natürlichere, wenn (wie es oft der Fall ist) die Flächen $-P\infty$ nicht zugegen sind, und weil im anderen Fall der Winkel zwischen der Hauptaxe und der Klinodiagonale sich so stark vom rechten abweichend (zu 41° etwa) ergeben würde, wie es gerade nicht gewöhnlich ist. — Alles dieses zeigt, dass richtige Bestimmung hier etwas anderes ist, als bei den Krystallen mit absoluter Hauptaxe und selbst bei Krystallen des rhombischen Systems; bei dem monoklinometrischen wie bei den folgenden Systemen heisst richtige Bestimmung: passende Annahme der Axen und ihrer Dimensionen und richtige Bezeichnung der Flächen in Beziehung auf jene Annahme; abweichende Bezeichnungen der Flächen können also hier gleich richtige sein, insofern sie sich auf abweichende Annahmen beziehen*).

*) Modell 45 betrachteten wir oben (§. 304) als $+P.-P$; es liesse sich auch bestimmen als eine Combination eines Prisma's mit einem klinodiagonalen Doma, $\infty P.[P\infty]$ im Gleichgewicht. Für Modell 46 bestimmen sich die Flächen am natürlichsten zu $+P.-P.\infty P$; in Beziehung hierauf (gleichsam Vorkommen an derselben Substanz voraussetzend) bestimmten wir die in Modell 47 dargestellte Form zu $+P.\infty P$ und Modell 48 zu $+P.\infty P.[\infty P\infty]$; für sich genommen könnte man Modell 47 auch als $\infty P.[P\infty]$, Modell 48 als $\infty P.[\infty P\infty].[P\infty]$ betrachten. Der Anfänger wird wohl thun, für jedes Modell alle Stellungen, welche es zulässt, aufzusuchen, und für jede Stellung alle Flächen zu bestimmen.

§. 331. Es mögen hier noch einige Bemerkungen über den verschiedenen Habitus der monoklinometrischen Krystallformen folgen. Der Habitus ist säulenförmig oder tafelförmig oder rhomboëdrisch oder pyramidal.

Der säulenförmige Habitus kann statthaben in der Richtung jeder Axe; oft in der der Hauptaxe (Fig. 339, Form des schwefelsauren Nickeloxydul-Kali's und damit isomorpher Salze; Fig. 302, Kobaltidcyankalium), seltener in der der Klinodiagonale (Fig. 323, Feldspath). In beiden Richtungen können vier gleichartige Flächen (von Prismen oder klinodiagonalen Domen) auftreten; in der Richtung der Orthodiagonale giebt es keine solche, und wenn die Krystalle (wie es oft der Fall ist, z. B. Fig. 334 zweifach-kohlensaures Kali, Fig. 335 Glaubersalz) in dieser Richtung prismatisch ausgebildet (verlängert) sind, so kann man sagen, dass hier vorzugsweise ungleichartige Flächen den Raum vorherrschend begrenzen.

§. 332. Tafelförmig kann ein monoklinometrischer Krystall erscheinen durch das Vorwalten irgend welcher zwei einzelner Flächen. Meistens sind es die basischen Endflächen $0P$; so an dem schwefelsauren Nickeloxydul-Kali und den isomorphen Salzen (Fig. 339, wenn man sich den Krystall in der Richtung der Hauptaxe verkürzt denkt), an dem essigsauren Zinkoxyd (Fig. 348) u. a. Sowohl bei säulenförmigem als bei tafelförmigem Habitus unterscheiden sich diese Combinationen dadurch von den gerade-rhombischen und hexagonalen (mit welchen sie gleichfalls Aehnlichkeit haben können), dass die mit der Hauptaxe parallelen Kanten und Flächen zu $0P$ nicht rechtwinklig stehen, und durch die im Vorhergehenden einzeln besprochenen Merkmale. Sind die Tafeln sehr dünn, so ist eine genauere Untersuchung der Seitenflächen oft schwierig; so an dem essigsauren Zinkoxyd, welches gewöhnlich in sechsseitigen Blättern krystallisirt und die in Fig. 348 gezeichnete Combination $0P . \infty P . +P . +2P\infty . \infty P\infty$ oft in merkwürdigem Gleichgewicht zeigt. Wo die Seitenflächen eine genaue Bestimmung ihrer Neigungen unter sich und zu der basischen Endfläche nicht erlauben, kann Unsicherheit darüber bestehen, ob eine anscheinend hexagonale Tafel wirklich dem hexagonalen oder dem rhombischen oder dem monoklinometrischen System angehöre; so ist z. B. für den gewöhnlich als hexagonal

betrachteten Graphit auch behauptet worden, dass er dem monoklinometrischen System angehört.

Wenn in der Combination eines Prisma's mit der basischen Endfläche beiderlei Formen ungefähr im Gleichgewicht sind, kann rhomboëdrischer Habitus entstehen (vergl. §. 311 und 325).

Durch Vorherrschen der orthodiagonalen Endflächen ist oft die Weinsäure (Fig. 342), das Ferridcyankalium (Fig. 300, wenn man sich $\infty P\infty$ vorwaltender denkt) u. a. tafelförmig; durch Vorherrschen der klinodiagonalen Endflächen oft das kohlensaure Natron (die Soda, Fig. 332), manchmal der Feldspath (Fig. 318, wenn $[\infty P\infty]$ vorwaltender gedacht wird) u. a.

Auch die Flächen von Hemidomen herrschen zuweilen bis §. 333.
zur Hervorbringung tafelförmiger Gestalt vor. Wenn der Eisenvitriol tafelförmig erscheint, ist die vorherrschende Fläche meistens $0P$, und diese ist dann nach ∞P hin durch Kanten begrenzt, welche für sich einen Rhombus mit den Winkeln $80\frac{1}{2}^0$ im klinodiagonalen und $99\frac{1}{2}^0$ im orthodiagonalen Hauptschnitt bilden. Aber manchmal sieht man auch tafelförmige Krystalle, wo die (gewöhnlich rauhe oder zugerundete) vorwaltende Fläche im Allgemeinen einen Rhombus von 62^0 im klinodiagonalen und 118^0 im orthodiagonalen Hauptschnitt bildet. Diese Krystalle haben wesentlich die Form Fig. 316, welche sich leicht aus der verständlicheren Fig. 317 ableiten lässt, wenn man erwägt, dass alle an der letzteren vorkommenden Flächen, mit Ausnahme von $-P$, auch an der ersteren, aber in verschiedenem Grade des Vorherrschens, zugegen sind. — Auch in der Gruppe der mit dem schwefelsauren Nickeloxydul-Kali isomorphen Doppelsalze zeigen sich manchmal tafelförmige Gestalten durch das Vorherrschen von $+2P\infty$ (vergl. §. 334).

Wie die vorherrschenden Flächen, welche den tafelförmigen Habitus hervorbringen, im Allgemeinen bald rechtwinklig, bald sechseckig, bald rhombisch sein können, und wie die so hervorgebrachten anscheinenden quadratischen, hexagonalen und rhombischen Tafeln von den eigentlichen Formen der Art und ähnlichen Gestalten sich unterscheiden, ist aus dem Vorhergehenden klar. (Vergl. über solche tafelförmige Krystalle §. 151, 194, 264).

§. 334. Pyramidenähnlicher Habitus wird manchmal hervorgebracht durch das Auftreten mehrerer Hemipyramiden (so ist der Gypskrystall Fig. 297, die Fig. 327 dargestellte Varietät des Augits nach den Enden zu pyramidal begrenzt), immer indess in diesem System durch das Zusammensein ungleichartiger aber sich das Gleichgewicht haltender Flächen. So zeigt der Eisenvitriol in der Fig. 312b dargestellten Form pyramidale Begrenzung, so das Glaubersalz manchmal pyramidale Begrenzung an den Enden der gewöhnlich verlängerten Orthodiagonale, wenn in Fig. 335 die oberen und die unteren Flächen $+P$ und $[P\infty]$ sich bis zur Berührung vergrössern. — Die häufigste Form der Gruppe der mit dem schwefelsauren Nickeloxydul-Kali isomorphen Doppelsalze, Fig. 339, erscheint auch manchmal so verändert, dass $[\infty P2]$ und $[\infty P\infty]$ wegfallen, und die anderen Flächen sich in einem anderen Grad des Vorherrschens zur Hervorbringung der Form Fig. 340 combiniren, deren pyramidaler Habitus auf den ersten Blick auffällt. Denkt man sich an der Form Fig. 340 $+2P\infty$ vorherrschender, $[P\infty]$ untergeordneter, so entsteht die tafelförmige Combination Fig. 341, deren §. 333 erwähnt wurde.

Verzerrungen, Unvollzähligkeit der Flächen u. s. w.

§. 335. Wir sehen hier Beispiele, wie verschiedenartige Formen durch das Auftreten derselben Flächen in verschiedenem Grade des Vorherrschens gebildet werden können. Es kann dies mitunter das Bestimmen einer Combination erschweren; noch mehr aber thun dieses die Verzerrungen, welche auch in diesem Systeme häufig sind. Dahin gehört namentlich, dass die schiefen rhombischen Säulen fast immer Flächen von ungleicher Centraldistanz haben und als rhomboidische erscheinen; die Verzerrungen, welche hieraus hervorgehen, lassen sich leicht einsehen, bei Berücksichtigung dessen, was §. 277 und 278 über die entsprechenden Verzerrungen der geraden rhombischen Säulen bemerkt wurde. Die Fig. 313a dargestellte Form des Eisenvitriols erscheint manchmal in der Art verzerrt, dass zwei parallele Flächen ∞P und die basischen Endflächen $0P$ in Einer Richtung stark ausgedehnt sind und eine Form, wie sie Fig. 313b zeigt, hervorbringen, welche noch undeutlicher da-

durch wird, dass sie nur nach einer Seite hin ausgebildet, an der anderen aber aufgewachsen ist.

Hemiëdrien kommen in diesem Systeme, wo ohnehin die möglichen einfachen Formen höchstens 4 Flächen haben, seltener vor, als in dem vorhergehenden System. Merkwürdig ist in dem monoklinometrischen Systeme das manchmal stattfindende halbzählige Auftreten der Flächen des klinodiagonalen Doma's $[P\infty]$, indem dann nur zwei Flächen desselben, an dem hinteren oder an dem vorderen Ende des Krystalls, sich zeigen. An dem Zucker z. B. kommt die in Fig. 309 abgebildete Combination fast niemals mit allen 4 Flächen $[P\infty]$ vor, sondern von diesen treten nur die 2 hinteren auf, während vorn die im orthodiagonalen Hauptschnitt liegenden Combinationsecken zwischen ∞P und $0P$ so unverändert sind, wie in Fig. 308. — An der optisch-rechtsdrehenden (gewöhnlichen) Weinsäure (vergl. §. 279b) zeigen sich von den 4 Flächen $[P\infty]$ ausschliesslich (wie es Fig. 342 darstellt) oder doch im Vergleich zu den beiden anderen sehr stark vorherrschend die beiden vorderen; an den Krystallen der optisch-linksdrehenden Weinsäure treten im Gegentheil nur, oder vorherrschend, die beiden hinteren Flächen von $[P\infty]$ auf. Die Verschiedenheit der Krystalle dieser beiden Säuren, welche mit denselben Flächen aber in verschiedener Anordnung derselben, also in nicht congruenten hemiëdrischen Combinationen, krystallisiren, zeigen noch besser Fig. 443a u. b (rechtsdrehende) und Fig. 444a u. b (linksdrehende Weinsäure); in den beiden oberen Figuren ist die hier gewöhnlich angenommene Stellung der Krystalle beibehalten und die Hauptaxe als von oben rechts nach unten links sich erstreckend gezeichnet; in den beiden unteren Figuren ist hingegen die Orthodiagonale als von links nach rechts, die Klinodiagonale als von vorn nach hinten und die Hauptaxe als von oben hinten nach unten vorn sich erstreckend gezeichnet, wo die eigenthümliche Lage der auftretenden 2 Flächen $[P\infty]$, und dass die eine Combination (Fig. 443b) das Spiegelbild und nicht das Ebenbild der andern (Fig. 444b) ist, sich deutlicher zeigt. §. 336.

Man kann diesen Mangel an Symmetrie auch als ungleichartige Ausbildung des Krystalls an den beiden Enden einer Axe betrachten, wie sie ja auch in einigen von den vorhergehenden Systemen (vergl. §. 231 und 280) vorkommt, und sa-

gen, dass sich die Flächen $[P\infty]$ bei den Krystallen der eben genannten Substanzen nur nach dem einen, nicht nach dem anderen Ende der Orthodiagonale hin zeigen. Auch von den 4 Flächen einer Hemipyramide kommen manchmal nur 2 nach dem Einen Ende der Orthodiagonale hin liegende vor. Solche ungleichartige Ausbildung findet sich auch an dem neutralen weinsauren Kali, dessen Krystalle oft an dem einen Ende der Orthodiagonale durch ∞P, an dem andern durch $[\infty P\infty]$ begrenzt sind.

Zwillingskrystalle.

§. 337. Die Seltenheit hemiëdrischer Formen an monoklinometrischen Krystallen überhebt uns der Besprechung der Zwillingskrystalle mit parallelen Axensystemen (vergl. §. 121). Häufig sind in diesem Systeme Zwillinge mit nicht parallelen Axensystemen, und fast immer ist dann die Zusammensetzungsfläche der Orthodiagonale und einer der schief zu einander geneigten Axen parallel; d. h. die Zusammensetzungs- oder Zwillingsfläche ist fast immer der orthodiagonalen Endfläche $\infty P\infty$ oder der basischen Endfläche $0P$ parallel. Ausserdem sind die Zwillinge meistens Berührungszwillinge.

Bei den Zwillingen, wo die Zusammensetzungsfläche der orthodiagonalen Endfläche $\infty P\infty$ parallel ist, erscheinen die zusammensetzenden Krystallfragmente häufig wie Hälften sehr regelmässig ausgebildeter Krystalle. Man kann sich diese Zwillinge als Hemitropien oder so entstanden denken, als ob ein regelmässig ausgebildeter Krystall durch den orthodiagonalen Hauptschnitt in zwei Hälften getheilt und die eine Hälfte gegen die andere (um eine zu dem orthodiagonalen Hauptschnitt rechtwinklige Linie als Zwillingsaxe) um 180° gedreht worden wäre; kommen in diesem Fall auch die klinodiagonalen Endflächen $[\infty P\infty]$ vor, so fallen die der einen und die der anderen Krystallhälfte in je Eine Ebene. Denkt man sich die Fig. 298 dargestellte Combination des Gypses $\infty P.-P.[\infty P\infty]$ so durchschnitten, wie es die punktirten Linien andeuten, und die linke Hälfte um 180° herumgedreht, so entsteht der Fig. 299 dargestellte Berührungszwilling (die der herumgedrehten Krystallhälfte angehörigen Flächen sind durch unterstrichene Formeln bezeichnet). In gleicher Weise entsteht aus der Fig. 328 gezeichneten Form des Augits der Fig. 329 dargestellte Zwilling-

In derselben Weise bilden Hornblende und viele andere Mineralien Zwillinge; unter den künstlichen chemischen Producten zeigen sie namentlich das Ferridcyankalium und das Kobaltidcyankalium. Aus der Fig. 300 dargestellten Combination des ersteren entsteht die Fig. 301, aus der Fig. 302 dargestellten Combination des letzteren die Fig. 303 gezeichnete Hemitropie. Diese Zwillingsbildung findet hier häufig mit Wiederholung statt.

Die eben erwähnte und Fig. 301 dargestellte Zwillingsbildung kann mit der Combination einer Pyramide und eines secundären Prisma's des rhombischen Systems (§. 260) verwechselt werden, wenn nur Ein Ende des Krystalls ausgebildet ist. Dieser Zwilling erscheint nämlich an jedem Ende durch Pyramidenflächen zugespitzt, welche nur zweierlei Kanten mit einander bilden: die zwei in dem orthodiagonalen Hauptschnitt liegenden Endkanten sind unter sich gleich, und die zwei in dem klinodiagonalen Hauptschnitt liegenden. Man erkennt die wahre Natur eines solchen Krystalls häufig daran, dass einspringende Winkel sichtbar sind (ähnlich wie das obere Ende an Fig. 103 zeigt); und an vollständiger ausgebildeten Krystallen daran, dass die oberen und die unteren Pyramiden verschieden sind, und die Kanten von einer Prismafläche zu der oberen und der unteren Pyramidenfläche parallel, obgleich die Prismaflächen selbst nicht rectangulär sind. Bei der Combination einer rhombischen Grundform P mit einem secundären Prisma, $\infty\breve{P}n$ oder $\infty\bar{P}n$, sind die Prismaflächen gleichfalls nicht rectangulär, aber auch eine obere Combinationskante mit einer unteren nicht parallel (vergl. Fig. 301 und Fig. 258).

§. 338. Manchmal sind nicht solche Krystallhälften, welche als aus demselben Krystall durch den orthodiagonalen Hauptschnitt entstanden zu denken sind, zu Zwillingen nach diesem Gesetz vereinigt, sondern andere. Fig. 318 zeigt eine Combination des Feldspaths $\infty P.[\infty P\infty].0P.+2P\infty$. Denkt man sich einen solchen Krystall um eine Linie ab, welche auf dem orthodiagonalen Hauptschnitt rechtwinklig steht, um 180° gedreht, so erscheint er in der Fig. 319 gezeichneten Stellung. Diese zwei Krystalle Fig. 318 und 319 sind also in der Stellung, wie sie zur Zwillingsbildung nach dem eben in Rede stehenden Gesetz

nothwendig ist: ihre orthodiagonalen Hauptschnitte sind parallel. Nun aber vereinigen sich von diesen so gestellten Krystallen solche Hälften mit einander, wie sie durch den klinodiagonalen Hauptschnitt (er ist Fig. 318 und Fig. 319 durch punktirte Linien angedeutet) gebildet werden. Die vordere Hälfte des Krystalls Fig. 318 vereinigt sich mit der hinteren des Krystalls Fig. 319 und bildet einen Zwilling wie Fig. 320; oder die hintere Hälfte des Krystalls Fig. 318 bildet mit der vorderen des Krystalls Fig. 319 einen Zwilling wie Fig. 321 (in beiden Zwillingen sind die hinteren Krystallhälften der besseren Unterscheidung wegen schattirt). Zwillinge dieser Art wie Fig. 320 und 321 kommen an dem Feldspath vor; sie verhalten sich zu einander wie ein Gegenstand zu seinem Spiegelbild, wie die rechte zu der linken Hand. — Die einzelnen Krystallfragmente sind in beiden Zwillingen Fig. 320 und 321 der Deutlichkeit wegen nur bis zum klinodiagonalen Hauptschnitt gezeichnet; bei dem Feldspath ist meistens jedes Krystallfragment noch etwas über diesen Hauptschnitt hinaus ausgebildet, so dass sie nicht nur an sondern auch durch einander gewachsen erscheinen.

§. 339. Bei den eben betrachteten Zwillingen haben die zwei zusammengewachsenen Krystallfragmente zwar nicht parallele Axensysteme, aber die Hauptaxen für beide sind sich doch parallel. Zwillinge mit nicht parallelen Hauptaxen entstehen in diesem System namentlich dadurch, dass zwei Krystallfragmente eine der basischen Endfläche $0P$ parallele Ebene als Zusammensetzungsfläche haben. An dem essigsauren Kupferoxyd (Grünspan) finden sich manchmal solche Zwillinge; denkt man sich die Fig. 304 dargestellte Combination durch den basischen Hauptschnitt (wie es die punktirten Linien andeuten) halbirt, und die eine Krystallhälfte gegen die andere um 180° verdreht, so entsteht ein Berührungszwilling wie Fig. 305. Ein ganz ähnliches Beispiel liefert manchmal das chlorsaure Kali. Denkt man sich in einem solchen Fall (in Fig. 305) jedes Krystallfragment noch über die Zwillingsfläche hinaus ausgebildet, so entsteht ein Durchkreuzungszwilling; Durchkreuzungszwillinge nach diesem Gesetz (Zwillingsfläche parallel $0P$, Zwillingsaxe eine darauf rechtwinklige Linie) finden sich an dem Sphen.

Selten sind in dem monoklinometrischen System Zwillinge mit anderen Zusammensetzungsflächen, als parallel $\infty P\infty$ oder $0P$. An dem Feldspath finden sich Zwillinge, wo die Zusammensetzungsfläche parallel einer Fläche des klinodiagonalen Doma's $[2P\infty]$ ist. Es ist dieses klinodiagonale Doma untergeordnet in Combination mit $0P.[\infty P\infty].\infty P.+P.+P\infty.+2P\infty$ in Fig. 323 dargestellt. Denkt man sich den ganzen Krystall durch eine Ebene halbirt, welche der Fläche vorn oben des Doma's $[2P\infty]$ parallel ist, die vier Flächen dieses Doma's selbst aber weg, und dann die eine Hälfte gegen die andere um 180° verdreht, so entsteht ein Zwilling, welcher in verschiedener Stellung Fig. 324 und Fig. 325 dargestellt ist. In Fig. 324 ist vorausgesetzt, dass die vordere Hälfte von Fig. 323 in ihrer Stellung geblieben, in Fig. 325, dass sie um 180° gedreht worden sei; die an dem Zwilling bei jeder dieser Stellungen zur hinteren Hälfte gehörigen sichtbaren Flächen sind schattirt. $0P$ ist rechtwinklig zu $[\infty P\infty]$, und eine Fläche von $[2P\infty]$ ist zu $0P$ fast genau unter demselben Winkel geneigt, wie zu $[\infty P\infty]$ (vergl. §. 329). In Folge davon kommt bei der Hemitropie eine Fläche $0P$ fast genau in die Lage, welche vorher eine Fläche $[\infty P\infty]$ einnahm, und umgekehrt, oder; es ist in dem Zwilling eine Fläche $[\infty P\infty]$ der gegenüberliegenden Fläche $0P$ fast genau parallel, und zwei in dem Zwilling an einander liegende Flächen $[\infty P\infty]$ sind fast genau rechtwinklig zu einander, ebenso wie die zwei an einander liegenden Flächen $0P$. Der einfache Krystall (Fig. 323 ohne $[2P\infty]$) erscheint nach seinen vorwaltenden Flächen als ein quadratisches Prisma, und der Zwilling (Fig. 324 oder 325) gleichfalls; aber an den Enden wird bei letzterem die Zwillingsbildung ersichtbar. Wie der Zwilling an den Enden in der Richtung der Klinodiagonale erscheint, sieht man am besten aus den Figuren 326a und b; beide zeigen die Flächen an diesen Enden, wie sie einem in der Richtung der Klinodiagonale befindlichen Auge erscheinen, und zwar 326a das Ende rechts, 326b das Ende links für den Zwilling in der Stellung Fig. 324, 326a das Ende links, 326b das Ende rechts für den Zwilling in der Stellung Fig. 325. An dem in Fig. 326a dargestellten Ende ist kein einspringender Winkel, während an dem in Fig. 326b dargestellten Ende die Flächen ∞P, $+2P\infty$ und $+P$ einspringende Winkel bilden,

§. 340.

wo sich die zwei Krystallhälften (welche in den Figuren durch die Schattirung unterschieden sind) berühren.

Formeln für den Zusammenhang zwischen Winkeln und Axen.

§. 341. Das Axensystem einer monoklinometrischen Grundform ist bestimmt durch die Angabe der Länge der Orthodiagonale (a), der Klinodiagonale (b) und der Hauptaxe (c) und des (spitzen) Winkels L, welchen beide letzteren Axen mit einander bilden. Ist die Grundform in dieser Weise bestimmt, so berechnen sich die wichtigsten Kantenwinkel in folgender Weise.

Der Winkel, welchen eine Fläche $+P$

mit dem klinodiagonalen Hauptschnitt macht, heisse X,
„ orthodiagonalen „ „ „ Y,
„ basischen „ „ „ Z,

und X', Y', Z' sollen dieselben Winkel für eine Fläche $-P$ bedeuten. Heisse weiter

μ der Winkel der klinodiagonalen Endkante von $+P$ zu der Hauptaxe,

ν der Winkel der klinodiagonalen Endkante von $+P$ zu der Klinodiagonale,

und bedeuten μ' und ν' dieselben Winkel für die klinodiagonale Endkante von $-P$. Heisse ϱ der Winkel einer orthodiagonalen Endkante von $\pm P$ zu der Hauptaxe, und σ der Winkel einer Seitenkante von $\pm P$ zu der Klinodiagonale. Dann gelten die Formeln:

$$tg\,\mu = \frac{b.\sin L}{c - b.\cos L}; \quad tg\,\mu' = \frac{b.\sin L}{c + b.\cos L};$$

$$tg\,\nu = \frac{c.\sin L}{b - c.\cos L}; \quad tg\,\nu' = \frac{c.\sin L}{b + c.\cos L};$$

$$tg\,\varrho = \frac{a}{c}; \qquad tg\,\sigma = \frac{a}{b};$$

und weiter:

$$tgX = \frac{tg\,\sigma}{sin\,\nu} = \frac{tg\,\varrho}{sin\,\mu}; \quad tgX' = \frac{tg\,\sigma}{sin\,\nu'} = \frac{tg\,\varrho}{s\ \mu'};$$

$$tgY = \frac{tg\,\mu}{sin\,\varrho}; \qquad tgY' = \frac{tg\,\mu'}{sin\,\varrho};$$

$$tg\,Z = \frac{tg\,\nu}{sin\,\sigma}; \qquad tg\,Z' = \frac{tg\,\nu'}{sin\,\sigma}$$

Nennen wir an der vollständigen monoklinometrischen Pyramide $\pm P$ (vergl. Fig. 62) den Winkel in den schärferen klinodiagonalen Endkanten A, den in den stumpferen B, den Winkel in den orthodiagonalen Endkanten C, und den in den Seitenkanten D, so ist $A = 2X$, $B = 2X'$, $C = Y + Y'$, und $D = Z + Z'$.

Heisst W der Winkel, welchen die Flächen von ∞P in dem orthodiagonalen Hauptschnitt bilden, so ist:

$$cotg\ ^1/_2 W = \frac{a}{b.\,sin\,L}.$$

Welche Winkel die Flächen eines orthodiagonalen Hemidoma's $+P\infty$ oder $-P\infty$ mit der Klinodiagonale (oder dem basischen Hauptschnitt) und mit der Hauptaxe machen, ergiebt sich aus dem oben angeführten leicht. Eine Fläche $+P\infty$ macht mit der Hauptaxe den Winkel μ, mit der Klinodiagonale den Winkel ν; eine Fläche $-P\infty$ mit denselben Axen die Winkel μ' und ν'.

Heisst W der Winkel, unter welchem die Flächen des klinodiagonalen Doma's $[P\infty]$ in dem klinodiagonalen Hauptschnitt zusammenstossen, so ist: $tg\ ^1/_2 W = \frac{a}{c.\,sin\,L}$.

Für die secundären Formen gelten dieselben Formeln, wenn man in ihnen die Werthe für die Axen so abgeändert setzt, wie es die Zeichen jener Formen andeuten.

§. 342. Zu der Bestimmung der Grundform aus den Kantenwinkeln sind drei von einander unabhängige Winkelmessungen nothwendig (vergl. §. 303). Man muss L und die Winkel zweier verschiedener Hauptschnitte kennen, aus welchen letzteren sich dann das Axenverhältniss leicht berechnen lässt. Der Winkel L lässt sich oft unmittelbar messen (an der Kante zwischen $0P$ und $\infty P\infty$). Oder man berechnet ihn aus den Winkeln μ und μ' oder ν und ν' nach den Formeln:

$$tg\,L = \frac{2.\sin\mu.\sin\mu'}{\sin(\mu-\mu')} = \frac{2.\sin\nu.\sin\nu'}{\sin(\nu-\nu')},$$

oder aus der Neigung der Flächen ∞P zu einander und von $0P$ zu ∞P (vergl. weiter unten). Die Winkel μ und μ' oder ν und ν' erhält man aus der Messung der Neigung von $\pm P\infty$ zu $\infty P\infty$ oder $0P$ (erstere Flächen sind ja der Hauptaxe, letztere der Klinodiagonale parallel) oder durch Rechnung aus den Winkeln X, X' u. s. w.

Man hat sich, um die Winkel X, X', Y, Y', Z, Z' zu erhalten, zu erinnern, dass die drei Endflächen $0P$, $\infty P\infty$, $[\infty P\infty]$ den drei Hauptschnitten parallel sind, und dass $X = {}^1/_2A$, $X' = {}^1/_2B$.

Es gelten die Formeln:

$$\cos\mu = \frac{\cos Y}{\sin X}; \qquad \cos\mu' = \frac{\cos Y'}{\sin X};$$

$$\cos\nu = \frac{\cos Z}{\sin X}; \qquad \cos\nu' = \frac{\cos Z'}{\sin X};$$

$$\cos\varrho = \frac{\cos X}{\sin Y} = \frac{\cos X'}{\sin Y'}; \quad \cos\sigma = \frac{\cos X}{\sin Z} = \frac{\cos X'}{\sin Z'}.$$

Ist L bekannt, so bestimmen sich μ und ν, μ' und ν' leicht gegenseitig ($\mu+\nu+L=180^0$; $\mu'+\nu'=L$).

Kennt man L und die Winkel zweier verschiedener Hauptschnitte, so ist die Auffindung der Grösse der Hauptaxe (c) und der Orthodiagonale (a), bezogen auf die der Klinodiagonale als Einheit, eine einfache trigonometrische Aufgabe; es ist dann z. B. $c = \frac{\sin\nu}{\sin\mu} = \frac{\sin\nu'}{\sin\mu'}$, $a = c.tg\,\varrho$, $a = tg\,\sigma$ u. s. w.

Kennt man L und den Winkel W, welchen die Flächen von ∞P in dem orthodiagonalen Hauptschnitt machen, so findet man die Orthodiagonale $a = cotg\,{}^1/_2\,W.\sin L$.

Ist L und die Grösse der Orthodiagonale (a) bekannt, und auch noch der Winkel W, welchen die Flächen des klinodiagonalen Doma's $[P\infty]$ in dem klinodiagonalen Hauptschnitt machen, so bestimmt sich die Hauptaxe c durch die Formel:

$$c = \frac{a}{tg\,{}^1/_2\,W.\sin L}.$$

Manchmal lässt sich aus den bekannten Krystallen einer Substanz nur das Verhältniss $a:b$ und der Winkel L bestimmen, wenn nämlich ausser $0P$ keine andere die Hauptaxe schnei-

dende Fläche vorkommt. Dies ist z. B. der Fall bei der manchmal auftretenden Combination $\infty P . 0P$. Heisst wieder W der Winkel, welchen die Flächen ∞P im orthodiagonalen Hauptschnitt bilden, w der schärfere Neigungswinkel von $0P$ zu ∞P, so ist $\cos L = \frac{\cos w}{\sin \frac{1}{2}(180^0 - W)}$, und a bestimmt sich nach der oben gegebenen Formel.

Uebersicht einiger im monoklinometrischen System krystallisirenden Substanzen.

§. 343. Bei den folgenden Krystallbeschreibungen geben wir für jedes in der Richtung der Hauptaxe sich erstreckende Prisma den Winkel W, welcher in dem orthodiagonalen Hauptschnitt liegt; für jedes klinodiagonale Doma den Winkel W, welcher in dem klinodiagonalen Hauptschnitt liegt; für jedes orthodiagonale Hemidoma den Winkel V, unter welchem seine Flächen gegen die Hauptaxe geneigt sind; für jede Hemipyramide den Winkel A oder B (je nachdem sie + oder — ist, vergl. §. 341 und Fig. 62), welchen ihre Flächen im klinodiagonalen Hauptschnitt machen; endlich den schärferen Winkel w, welchen $0P$ mit einem der Hauptaxe parallelen Prisma bildet.

Unter der grossen Menge monoklinometrisch krystallisirender Substanzen, welche bekannt sind, heben wir folgende wichtigere hervor.

§. 344. Schwefel bei höherer Temperatur (durch Schmelzen und Abkühlen) krystallisirt. $a:b:c = 1{,}004:1:1{,}004$; $L = 84^014'$. W ist für $\infty P = 89^028'$, für $[P\infty] = 90^018'$; w für $\infty P = 85^054'$. Gewöhnliche Combinationen sind $\infty P . 0P$ (ähnlich Fig. 63) mit $-P$, $[P\infty]$ und $\infty P\infty$. Zwillingskrystalle, Zusammensetzungsfläche parallel $\infty P\infty$. — Der Schwefel ist dimorph, vergl. §. 286.

Selen. $a:b:c = 0{,}617:1:0{,}9873$; $L = 75^054'$. Die Krystalle zeigen $+P . -P$ (ähnlich Fig. 62) mit $\infty P\infty$, $[\infty P\infty]$ und $0P$, und sind durch das Vorherrschen der letzteren Flächen tafelförmig. A ist für $+P = 76^026'$, B für $-P = 90^032'$, für $\pm P$ $C = 123^058'$, $D = 123^011'$.

Schwefelarsenik (Realgar, AsS_2). $a:b:c = 0{,}6943:1:0{,}3378$; $L = 66°5'$. Für ∞P ist $W = 105°34'$, für $\infty P2 = 66°54'$, für $[P\infty] = 132°2'$. Vorwaltende Form ist meistens $\infty P.0P$, (ähnlich Fig. 63), woran $\infty P2$, $[P\infty]$ u. a. untergeordneter auftreten. Ziemlich vollkommen spaltbar parallel $0P$ und $[\infty P\infty]$.

Zinnchlorür (Zinnsalz; $SnCl + 2HO$). $a:b:c = 0{,}7763:1:0{,}9671$; $L = 65°0'$. W ist für $\infty P = 98°50'$, für $[P\infty] = 83°4'$, A für $+P = 86°15'$, B für $-P = 111°32'$. Die Krystalle zeigen $\infty P.\infty P\infty.[P\infty].+P.-P$; sie sind bald prismatisch in der Richtung der Hauptaxe ausgebildet, bald tafelförmig durch das Vorherrschen von $\infty P\infty$.

Eisenchlorür ($FeCl + 4HO$). $a:b:c = 0{,}8371:1:1{,}369$; $L = 69°24'$. Die Krystalle zeigen $+P.-P$ (ähnlich Fig. 62) mit $0P$ (durch dessen Vorherrschen sie gewöhnlich tafelförmig erscheinen) und $\infty P\infty$. A ist für $+P = 84°10'$, B für $-P = 104°0'$, für $\pm P$ $C = 106°39'$, $D = 128°52'$. Spaltbar nach $0P$; Zwillingsbildung, Zusammensetzungsfläche parallel $0P$.

Krystalle von derselben Form und sehr nahe kommenden Winkeln, aber geringer Beständigkeit (sie werden an der Luft rasch durch die ganze Masse hindurch matt) bildet manchmal das Manganchlorür ($MnCl + 4HO$). Gewöhnlicher krystallisirt letzteres (mit demselben Wassergehalt) in anders geformten, weniger löslichen Krystallen; für diese ist $a:b:c = 0{,}8677:1:0{,}5592$, $L = 80°35'$, W für $\infty P = 97°20'$, für $[P\infty] = 115°6'$; gewöhnlich zeigen die Krystalle vorherrschend $\infty P.\infty P\infty.[\infty P\infty]$ an den Enden durch $[P\infty]$ begrenzt. In der letzteren Form, mit nahe kommenden Winkeln, krystallisirt auch das Manganbromür ($MnBr + 4HO$).

Isomorph sind: wasserhaltiges Chlornatrium, Bromnatrium und Jodnatrium ($NaCl + 4HO$, $NaBr + 4HO$ u. s. w.). Für sie ist $a:b:c = 1{,}546:1:0{,}9795$; $L = 66°48'$. W ist für $\infty P = 61°28'$, für $[P\infty] = 119°35'$; A für $+P = 123°46'$; w für $\infty P = 70°12'$. Beobachtet ist $\infty P.0P.+P$ (ähnlich Fig. 306) mit $[\infty P\infty]$, $[P\infty]$ u. a.

§. 345. Zweifach-kohlensaures Kali ($KO,HO,2CO_2$). $a:b:c = 0{,}3734:1:0{,}491$; $L = 76°35'$. W ist für $\infty P = 138°$, V für $-P\infty = 53°23'$, für $+2P\infty = 52°22'$. Die Krystalle zeigen häufig die Flächen $\infty P.0P.\infty P\infty.-P\infty.+2P\infty$ (Fig. 334),

oft sind die Flächen $-P\infty$ bis zur Verdrängung der benachbarten vorherrschend. Spaltbar nach $\infty P\infty$, $-P\infty$ und $0P$.

Kohlensaures Natron (Soda, NaO,CO_2+10HO). $a:b:c = 0{,}7049:1:1{,}0452$; $L = 57°40'$. A ist für $+P = 76°28'$, W für $\infty P = 100°20'$. Gewöhnliche Combination ist $+P.\infty P.[\infty P\infty]$ (Fig. 332). Ziemlich deutlich spaltbar nach $\infty P\infty$, weniger nach $[\infty P\infty]$.

Anderthalbfach-kohlensaures Natron (Trona, $2NaO, 3CO_2+3HO$). $a:b:c = 0{,}3552:1:1{,}282$; $L = 53°50'$. W ist für $\infty P = 132°30'$; V für $+P\infty = 49°25'$; w für $\infty P = 76°15'$. Beobachtete Combination ist $\infty P.0P.+P\infty$ (Fig. 333, vergl. §. 326), prismatisch in der Richtung der Orthodiagonale verlängert. Sehr vollkommen spaltbar nach $+P\infty$.

Zweifach-kohlensaures Natron ($NaO,HO,2CO_2$). $a:b:c = 0{,}654:1:0{,}4685$; $L = 86°41'$. W ist für $\infty P2 = 75°4'$, A für $+P2 = 142°20'$, B für $-P = 115°16'$, für $-P2 = 144°50'$. Die Krystalle zeigen $\infty P2.[\infty P\infty].\infty P\infty$, an den Enden durch $+P2.-P.-P2$ begrenzt.

Kohlensaure Magnesia (MgO,CO_2+5HO). $a:b:c = 0{,}896:1:1{,}597$; $L = 72°20'$. W ist für $\infty P = 93°30'$, für $[\infty P] = 61°$; w für $\infty P = 78°$. Beobachtete Combination ist $\infty P.\infty P\infty.[\infty P\infty].0P.[P\infty]$ (Fig. 344, vergl. §. 326).

Halb-kohlensaures Kupferoxyd (Malachit, $2CuO,CO_2+HO$). $a:b:c = 1{,}273:1:0{,}5358$; L von 90° nicht merklich abweichend. W ist für $\infty P = 76°18'$; V für $-P\infty = 61°49'$. Die Krystalle sind meist dünn säulenförmig durch Vorherrschen von ∞P und $\infty P\infty$, an den Enden begrenzt durch $0P$, $+P$, $-P\infty$. Vollkommen spaltbar nach $-P\infty$ und ∞P. Zwillingsbildung mit $\infty P\infty$ als Zusammensetzungsfläche.

Zweidrittel-kohlensaures Kupferoxyd (Kupferlasur, $3CuO,2CO_2+HO$). $a:b:c = 1{,}181:1:2{,}076$; $L = 87°39'$. W ist für $\infty P = 80°28'$, für $[P\infty] = 59°14'$, für $[\frac{1}{3}P\infty] = 119°18'$; V für $+P\infty = 26°8'$, für $+\frac{1}{2}P\infty = 45°3'$, für $-\frac{1}{2}P\infty = 42°47'$; A für $+\frac{1}{2}P = 116°13'$, B für $-P = 106°14'$. Die Krystalle zeigen $\infty P.0P$ mit den eben genannten u. a. Formen (namentlich noch mit $\infty P\infty$); sie sind manchmal in der Richtung der Orthodiagonale prismatisch verlängert. Spaltbar nach $[P\infty]$.

Borsaures Natron ($NaO,2BO_3+10HO$). $a:b:c =$ §. 346.

0,9094 : 1 : 0,512; $L = 73°25'$. W ist für $\infty P = 93°$, für $[4P\infty] = 49°43'$; A für $+P = 122°34'$, für $+2P = 96°40'$; w für $\infty P = 78°40'$. Der natürliche Borax (Tinkal) zeigt häufig ∞P. $\infty P\infty . 0P . +P . +2P$ (Fig. 310), der gereinigte künstliche oft $\infty P\infty . [\infty P\infty] . 0P . +P . +2P$ (Fig. 311). Manchmal Zwillingskrystalle, Zwillingsfläche parallel $\infty P\infty$. Spaltbar nach ∞P.

Chlorsaures Kali (KO, ClO_5). $a:b:c = 1{,}2112:1:0{,}741$; $L = 70°4'$. W ist für $\infty P = 75°38'$; V für $+2P\infty = 39°29'$; w für $\infty P = 74°25'$. Gewöhnliche Form: $\infty P . 0P . +P . +2P\infty$, ähnlich Fig. 304. Zwillingskrystalle ähnlich Fig. 305, vergl. §. 339. Spaltbar nach ∞P und $0P$.

Chlorsaurer Baryt ($BaO, ClO_5 + HO$). $a:b:c = 0{,}8737:1:1{,}0526$; $L = 85°0'$. W ist für $\infty P = 97°30'$, für $[P\infty] = 79°36'$. Gewöhnliche Combination: $\infty P . [P\infty] . -P\infty$ (Fig. 331), auch ohne $-P\infty$, auch mit $\infty P\infty$. — Isomorph sind damit der bromsaure Baryt ($BaO, BrO_5 + HO$; W für $\infty P = 97°50'$, für $[P\infty] = 79°5'$) und der jodsaure Baryt ($BaO, JO_5 + HO$; W für $\infty P = 97°0'$, für $[P\infty] = 76°42'$). Ferner auch der bromsaure Strontian ($SrO, BrO_5 + HO$); für diesen ist $a:b:c = 0{,}8590:1:1{,}0558$, $L = 89°0'$, W für $\infty P = 98°40'$, für $[P\infty] = 78°15'$.

Salpetersaures Quecksilberoxydul ($Hg_2O, NO_5 + 2HO$). $a:b:c = 0{,}8693:1:0{,}7245$; $L = 76°12'$. W ist für $\infty P = 96°20'$, für $[P\infty] = 102°2'$, V für $+P\infty = 63°25'$, für $-P\infty = 45°15'$. Gewöhnlichste Combination ist $\infty P . \infty P\infty . [\infty P\infty]$, an den Enden durch $[P\infty] . +P\infty . -P\infty$ im Gleichgewicht begrenzt.

§. 347. Isomorph sind:

1) Phosphorsaures Ammoniumoxyd ($2AmO, HO, PO_5$)
2) Arsensaures Ammoniumoxyd ($2AmO, HO, AsO_5$)

Es ist	bei 1)	bei 2)
$a:b:c$ =	0,8347 : 1 : 1,381	0,8537 : 1 : 1,396
L	66°46′	66°30′
W für ∞P	95°30′	94°6′
W für $[P\infty]$	66°41′	67°24′
V für $+P\infty$	42°58′	42°36′
w für ∞P	74°37′	74°14′

Die gewöhnlichen Flächen sind $\infty P . 0P . +P$ (ähnlich Fig. 306) mit $[P\infty]$ und $+P\infty$.

Isomorph sind:

1) Phosphorsaures Natron ($2NaO, HO, {}_ePO_5 + 24HO$)

2) Arsensaures Natron ($2NaO, HO, AsO_5 + 24HO$)

Für beide ist $a:b:c = 0{,}5733:1:0{,}8211$; $L = 58^0 30'$. W ist für $\infty P = 112^0 10'$; V für $+P\infty = 70^0 42'$, für $+2P\infty = 37^0 17'$; w für $\infty P = 73^0 3'$. Häufige Combination: $\infty P.0P.+P.+2P\infty$, ähnlich Fig. 304.

Isomorph sind:

1) Phosphorsaures Natron ($2NaO, HO, {}_ePO_5 + 14HO$)

2) Arsensaures Natron ($2NaO, HO, AsO_5 + 14HO$)

Für beide ist $a:b:c = 0{,}8271:1:1{,}099$; $L = 83^0 0'$. W ist für $\infty P = 101^0 14'$, für $\infty P2 = 62^0 42'$; V für $+P\infty = 45^0 27'$; w für $\infty P = 85^0 34'$. Die Krystalle zeigen die Flächen $\infty P.0P.\infty P\infty.[\infty P\infty].+P.-P.+P\infty$ (Fig. 345). Sie sind spaltbar nach $\infty P\infty$.

Fast gleiche Krystallform, wie die vorhergehenden, zeigen die isomorphen Salze:

1) Phosphors. Natron-Kali ($KO, NaO, HO, {}_ePO_5 + 14HO$)

2) Arsens. Natron-Kali ($KO, NaO, HO, AsO_5 + 14HO$)

Für beide kann man setzen: $a:b:c = 0{,}8144:1:1{,}1056$; $L = 83^0 39'$. W ist für $\infty P = 101^0 20'$, für $\infty P2 = 62^0 46'$; V für $+P\infty = 44^0 58'$; w für $\infty P = 85^0 59'$. Die Krystalle, meist tafelförmig durch das Vorherrschen von $0P$, zeigen gleichfalls gewöhnlich $\infty P.0P.\infty P\infty.[\infty P\infty].+P.-P.+P\infty$ (Fig. 345).

Isomorph sind:

1) Phosphorsaures Natron-Ammoniumoxyd ($NaO, AmO, HO, {}_ePO_5 + 8HO$)

2) Arsensaures Natron-Ammoniumoxyd ($NaO, AmO, HO, AsO_5 + 8HO$)

Für beide ist $a:b:c = 0{,}3469:1:0{,}3236$; $L = 80^0 42'$. W ist für $\infty P = 141^0 16'$; V für $-2P\infty = 50^0 43'$, für $+2P\infty = 63^0 51'$, für $+4P\infty = 41^0 8'$; w für $\infty P = 86^0 56'$. Die Krystalle zeigen die Flächen $\infty P.0P.[\infty P\infty].-P.-2P\infty.+2P\infty.+4P\infty$ (z. B. in der Combination Fig. 346).

Zweifach-schwefelsaures Kali ($KO, SO_3 + HO, SO_3$). §. 348
krystallisirt bei dem Erkalten nach dem Schmelzen in Formen, welche denen des Feldspaths ähnlich sind. Es ist dimorph, vergl. §. 291.

Isomorph mit nur wenig abweichenden Winkeln sind:
Schwefels. Natron (Glaubersalz, $NaO, SO_3 + 10HO$)
Chroms. Natron ($NaO, CrO_3 + 10HO$)

Für das erstere ist gefunden $a:b:c = 0{,}8962 : 1 : 1{,}109$; $L = 72°15'$. W ist für $\infty P = 93°29'$, für $[P\infty] = 80°38'$, für $[2P\infty] = 45°58'$; V für $+P\infty = 49°50'$, für $+{}^1/_2P\infty = 75°19'$, für $-{}^1/_2P\infty = 47°56'$; w für $\infty P = 77°56'$. Fig. 335 zeigt die häufiger auftretende Combination $\infty P.\infty P\infty.0P.[P\infty].+P.+P\infty$. Die Krystalle sind fast immer in der Richtung der Orthodiagonale säulenförmig verlängert. Sehr vollkommen spaltbar parallel $\infty P\infty$.

Schwefelsaurer Kalk (Gyps; $CaO, SO_3 + 2HO$). $a:b:c = 1{,}4504 : 1 : 0{,}6003$; $L = 80°57'$. A ist für $+P = 138°40'$, B für $-P = 143°38'$, für $\pm P$ ist $C = 122°9'$, $D = 71°50'$; W für $\infty P = 68°30'$. Gewöhnlichste Combinationen: $\infty P.[\infty P\infty].+P.-P$ (Fig. 297) und $\infty P.[\infty P\infty].-P$ (Fig. 298); Zwillinge (Fig. 299, vergl. §. 337). Höchst vollkommen spaltbar parallel $[\infty P\infty]$.

§. 349. Schwefelsaures Cadmiumoxyd ($3[CdO, SO_3] + 8HO$). $a:b:c = 1{,}2512 : 1 : 0{,}8634$; $L = 62°2'$. W ist für $\infty P = 70°26'$, für $[2P\infty]$ 78°44', w für $\infty P = 67°28'$, A für $+P = 115°36'$. Gewöhnlichste Combination: $+P.\infty P.0P.[\infty P\infty].[2P\infty].+P\infty$ (häufig in Richtung der Klinodiagonale prismatisch ausgebildet, ähnlich Fig. 323 ohne $+2P\infty$, vergl. §. 329); $+P\infty$ ist meist nur schwach vorhanden, $[2P\infty]$ manchmal vorherrschend bis zum Verdrängen von $[\infty P\infty]$.

Schwefelsaures Manganoxydul und schwefelsaures Eisenoxydul bilden isomorphe Krystalle $MeO, SO_3 + 4HO$, wo Me = Mn o. Fe, mit fast übereinstimmenden Winkeln. $a:b:c = 1{,}157 : 1 : 0{,}6793$; $L = 89°7'$. W ist für $\infty P = 81°40'$, für $\infty P2 = 46°44'$, für $[P\infty] = 119°10'$, w für $\infty P = 89°20'$. Die Krystalle zeigen vorherrschend $\infty P.\infty P2.[\infty P\infty]$, an den Enden $0P$ und $[P\infty]$.

Schwefelsaure Magnesia, schwefelsaures Zinkoxyd, schwefelsaures Kobaltoxydul und schwefelsaures Nickeloxydul krystallisiren in der Zusammensetzung $MeO, SO_3 + 6HO$ monoklinometrisch, mit nur wenig abweichenden Winkeln. Nach den am Magnesiasalz vorgenommenen Messungen ist $a:b:c = 0{,}7123 : 1 : 1{,}1841$, $L = 81°26'$, W für $\infty P =$

108°28′, w für $\infty P = 85°0'$. Die Krystalle zeigen $0P$. ∞P mit $-P$. $+\frac{1}{2}P$. $+2P$ u. a. Das schwefelsaure Nickeloxydul bildet mit gleichem Wassergehalt auch (beständigere) quadratische Krystalle, vergl. §. 179.

Isomorph sind:

Schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol), schwefelsaures Manganoxydul, schwefelsaures Kobaltoxydul (Kobaltvitriol), und die meisten schwefelsauren Salze, welche Kobaltoxydul, Kupferoxyd, Eisenoxydul, Nickeloxydul, Zinkoxyd, Magnesia u. a. gemischt enthalten (allgemeine Formel: $MeO, SO_3 + 7HO$, wo MeO eins oder eine Mischung mehrerer der vorgenannten Oxyde bedeutet), mit nur geringen Winkelabweichungen. Man kann setzen: $a : b : c = 0{,}8476 : 1 : 1{,}267$; $L = 75°40'$; W für $\infty P = 97°39'$, für $[P\infty] = 69°15'$; V für $+P\infty = 43°32'$, für $-P\infty = 32°36'$, für $-\frac{1}{3}P\infty = 55°20'$; w für $\infty P = 80°37'$. Die gemischten Salze zeigen meist die einfache Combination ∞P. $0P$ (Fig. 312a, vergl. §. 311), die reinen gewöhnlich noch andere Flächen. Fig. 312 bis 317 stellen Combinationen des Eisenvitriols dar (vergl. §. 333, 335). Vollkommen spaltbar nach $0P$, weniger deutlich nach ∞P. — Der allgemeinen Formel $MeO, SO_3 + 7HO$ kommen auch Krystallformen des hexagonalen und des rhombischen Systems zu (vergl. §. 242 und 296).

§. 350. Eine grosse Gruppe isomorpher Salze entsteht durch die Verbindung der neutralen schwefelsauren Salze von Magnesia, Manganoxydul, Zinkoxyd, Cadmiumoxyd, Eisenoxydul, Kobaltoxydul, Nickeloxydul, Kupferoxyd mit schwefelsaurem Kali, Rubidiumoxyd, Cäsiumoxyd oder Ammoniumoxyd und sechs Atomen Wasser. Die allgemeine Formel dieser Doppelsalze ist, wenn Me = Mg, Mn, Zn, Cd, Fe, Co, Ni oder Cu, und Alk = KO, RbO, CsO oder AmO:

$$MeO, SO_3 + Alk, SO_3 + 6HO.$$

Die verschiedenen Salze zeigen nicht genau dieselben Winkel, aber die Unterschiede sind nicht bedeutend genug (namentlich, da auch in Beziehung auf dasselbe Salz die Messungen verschiedener Beobachter oft erheblich differiren), dass man nicht in der Beschreibung Ein Axenverhältniss als für alle annähernd gültig zu Grunde legen könnte. Man kann setzen $a : b : c =$

1,4:1:0,67; $L=74°30'$; W für $\infty P=71°30'$, für $[\infty P2]=110°30'$, für $[P\infty]=128°30'$; V für $+2P\infty=42°$; w für $\infty P=77°30'$. — Die Krystalle zeigen meistens die Flächen $\infty P.0P+P.+2P\infty.[P\infty]$; häufig auch $[\infty P2]$ und $[\infty P\infty]$, doch meist untergeordnet; manchmal auch $-P$ u. a. Der Habitus der Krystalle ist selten rhomboëdrisch (vergl. §. 325), meistens säulenförmig in der Richtung der Hauptaxe (Fig. 339 zeigt eine solche Combination) oder tafelförmig durch das Vorherrschen von $0P$, selten pyramidal (Fig. 340) oder tafelförmig durch Vorherrschen von $+2P\infty$ (Fig. 341, vergl. §. 334).

Schwefelsaures Natron bildet mit den im Vorstehenden genannten schwefelsauren Salzen nicht solche Verbindungen, die den eben beschriebenen isomorph wären. — Doppelsalze von schwefelsaurem Zinkoxyd, Eisenoxydul oder Manganoxydul mit schwefelsaurem Natron (MeO,SO_3+NaO,SO_3+4HO, wo Me=Zn, Fe o. Mn) krystallisiren auch monoklinometrisch, mit annähernd gleichen Winkeln. Nach den am Zink-Doppelsalz vorgenommenen Messungen ist $a:b:c=0{,}744:1:0{,}529$, $L=79°38'$, W für $\infty P=105°48'$, für $\infty P2=66°56'$, w für $\infty P=83°47'$, V für $+P\infty=70°28'$, für $+2P\infty=48°15'$. Die Krystalle zeigen vorherrschend $\infty P.0P$, untergeordnet $\infty P2$, $+P\infty.+2P\infty$ u. a.

§. 351. Unterschwefligs. Natron (NaO,S_2O_2+5HO). $a:b:c=2{,}8507:1:0{,}7825$; $L=76°2'$. W ist für $\infty P=37°36'$, für $[\infty P2]=68°30'$, für $[P\infty]=150°10'$. Gewöhnliche Combination: $\infty P.[\infty P2].[\infty P\infty].0P.[P\infty]$ (Fig. 337), auch mit untergeordneten $+P$ u. a. Flächen.

Salpetersaurer Strontian (SrO,NO_5+4HO). $a:b:c=1{,}5274:1:1{,}371$; $L=88°50'$. W ist für $\infty P=66°25'$, für $[\infty P3]=126°2'$, für $[P\infty]=96°12'$, für $[\frac{1}{2}P\infty]=131°40'$. Die Krystalle zeigen $\infty P.[\infty P3].\infty P\infty.[\infty P\infty]$, an den Enden vorherrschend $[P\infty]$ und $[\frac{1}{2}P\infty]$.

Chromsaures Bleioxyd (Rothbleierz, PbO,CrO_3). $a:b:c=1{,}0375:1:0{,}9519$; $L=77°23'$. W ist für $\infty P=86°30'$, A für $+P=107°29'$, B für $-P=119°8'$. In den Combinationen herrschen meistens ∞P und $-P$ vor (ähnlich Fig. 298 ohne $[\infty P\infty]$). Am Deutlichsten spaltbar parallel ∞P.

§. 352. Von mineralogisch wichtigen kieselsauren Verbindungen mögen angeführt werden:

Monoklinometrischer Feldspath (Orthoklas oder Adular, $KO, SiO_3 + Al_2O_3, 3SiO_3$ wenn Si = 21, oder $KO, Al_2O_3, 6SiO_2$ wenn Si = 14). $a:b:c = 1{,}519:1:0{,}844$; $L = 63°53'$. W ist für $\infty P = 61°11'$, für $[\infty P3] = 121°10'$, für $[2P\infty] = 90°7'$; V für $+{}^2/_3 P\infty = 82°13'$, für $+P\infty = 65°47'$, für $+2P\infty = 35°44'$; w für $\infty P = 67°44'$. Prismatisch verlängert nach der Richtung der Hauptaxe (z. B. Fig. 318 und 322) oder der Klinodiagonale (z. B. in Fig. 323, vergl. §. 329); manchmal tafelförmig durch das Vorherrschen von $[\infty P\infty]$. Zwillingskrystalle wie Fig. 320 und 321 (vergl. §. 338) oder Fig. 324 o. 325 (vergl. §. 340). Sehr vollkommen spaltbar nach $0P$, etwas weniger vollkommen nach $[\infty P\infty]$. —

Augit oder Pyroxen ($3MeO, 2SiO_3$ wenn Si = 21, oder MeO, SiO_2 wenn Si = 14, wo Me = Ca, Mg, Fe, Mn sein kann, und je nach dem Vorwalten des einen oder des anderen oder mehrerer dieser Metalle Diopsid, Salit, Malakolith, Hedenbergit, Kokkolith u. a. unterschieden werden). $a:b:c = 0{,}9136:1:0{,}5399$; $L = 74°1'$. W ist für $\infty P = 92°54'$, A für $+P = 120°39'$, V für $+P\infty = 74°37'$. Eine einfachere Combination $\infty P.\infty P\infty.[\infty P\infty].+P$ zeigt Fig. 328, eine andere, wo noch $-P$, $+2P$ und $0P$ auftreten, Fig 327. Zwillingskrystalle, Fig. 329, vergl. §. 337. Ziemlich vollkommen spaltbar parallel ∞P.

Hornblende oder Amphibol ($4MeO, 3SiO_3$ oder $5MeO, 6SiO_2$ oder im Wesentlichen die Zusammensetzung des Augits?; Me kann wie bei letzterem Ca, Mg, Fe, Mn bedeuten; als Varietäten werden unterschieden Tremolith, Grammatit, Anthophyllit, Arfvedsonit u. a.). $a:b:c = 1{,}837:1:0{,}5401$; $L = 75°10'$. W ist für $\infty P = 55°30'$; A für $+P = 148°30'$; w für $\infty P = 76°59'$. Fig. 330 zeigt eine gewöhnlichere Combination der Hornblende: $\infty P.[\infty P\infty].+P.0P$. Zwillinge, Zwillingsfläche parallel $\infty P\infty$. Vollkommen spaltbar parallel ∞P.

Epidot (Pistazit; $3CaO, 2Me_2O_3, 3SiO_3$ wenn Si = 21, oder $6CaO, 4Me_2O_3, 9SiO_2$ wenn Si = 14; Me bedeutet Fe u. Al). $a:b:c = 0{,}6326:1:1{,}1423$; $L = 64°36'$. W ist für $\infty P = 110°0'$, für $\infty P2 = 71°3'$, für $[P\infty] = 63°1'$. V für $+P\infty = 51°42'$, für $-P\infty = 29°54'$, A für $+P = 70°25'$, B für $-P = 96°2'$. Die Krystalle zeigen die hier genannten und andere Flächen in Combinationen, die gewöhnlich in der Richtung der Orthodiagonale prismatisch verlängert erscheinen (ähnlich Fig. 334 bis 336). Spaltbarkeit

sehr vollkommen parallel $0P$, weniger parallel $\infty P\infty$. Zwillinge, mit $\infty P\infty$ als Zusammensetzungsfläche. — Gleiche Krystallform und nahe kommende Winkel ohne deutliche Spaltbarkeit zeigt der Orthit, für welchen analoge Zusammensetzung mit dem Epidot noch nicht nachgewiesen ist (die Analysen sprechen für die Formel $3meO, Me_2O_3, 2SiO_3$ oder $3meO, Me_2O_3, 3SiO_2$, wo me = Ce, La, Di, Fe, Ca, Mg, Mn und Me = Al u. Fe); auf die Krystallform des Epidots ist auch die des Zoisits zu beziehen, welcher wohl bei analoger Zusammensetzung (in der Formel des Epidots ist bei ihm Ca theilweise durch Mg vertreten) indessen andere Spaltbarkeit zeigt.

Unter den organischen Verbindungen sind hervorzuheben:

§. 353. Oxalsäure ($2HO, C_4O_6 + 4HO$). $a:b:c = 0{,}590:1:1{,}969$; $L = 73°48'$. W ist für $\infty P = 116°52'$, für $[P\infty] = 34°40'$; V für $+P\infty = 29°36'$, für $-P\infty = 23°8'$; w für $\infty P = 81°36'$. Gewöhnliche Combination: $\infty P . 0P . +P\infty . -P\infty$, auch mit $[P\infty]$ (Fig. 336, vergl. §. 326); die Krystalle sind meistens in der Richtung der Orthodiagonale prismatisch verlängert.

Weinsäure ($2HO, C_8H_4O_{10}$). $a:b:c = 0{,}7845:1:0{,}8054$; $L = 79°43'$. W ist für $\infty P = 102°52'$, für $[P\infty] = 89°26'$; V ist für $-P\infty = 45°0'$, für $+P\infty = 57°30'$. Gewöhnlichste Combination: $\infty P . \infty P\infty . -P\infty . +P\infty$ (dieses fehlt auch oft) $. [P\infty]$. Die Flächen $[P\infty]$ zeigen sich gewöhnlich nur an dem Einen Ende der Orthodiagonale, und zwar, je nachdem die Säure optisch rechtsdrehend oder linksdrehend ist, an der einen oder der anderen Seite des Krystalls; Fig. 443a u. b und Fig. 444a u. b, vergl. §. 336; diese Flächen $[P\infty]$ sind manchmal stark vorherrschend.

§. 354. Essigsaures Natron ($NaO, C_4H_3O_3 + 6HO$). $a:b:c = 0{,}8438:1:0{,}8407$; $L = 68°16'$. W ist für $\infty P = 95°30'$; B für $-P = 117°32'$; w für $\infty P = 75°35'$. Gewöhnlichste Combination: $\infty P . [\infty P\infty] . 0P . -P$ (Fig. 307), seltener mit $\infty P\infty$, $+P$, $+2P$, $+2P\infty$. Spaltbar nach $0P$ und ∞P.

Essigsaures Zinkoxyd ($ZnO, C_4H_3O_3 + 3HO$). $a:b:c = 0{,}4838:1:0{,}87$; $L = 46°30'$. W für $\infty P = 112°36'$, V für $+2P\infty = 34°36'$. Gewöhnliche Combination: $0P . \infty P . \infty P\infty . +P . +2P\infty$, meist tafelförmig durch das Vorherrschen von $0P$ (Fig. 348). Spaltbar nach $0P$.

Essigsaures Kupferoxyd (Grünspan, $CuO, C_4H_3O_3 + HO$).

$a:b:c=0{,}6473:1:0{,}5275$; $L=63^0$. W ist für $\infty P=108^0$, V für $+2P\infty=56^0$, w für $\infty P=74^0 30'$. Gewöhnliche Combination: $\infty P.0P.+P.+2P\infty$ (Fig. 304), auch Zwillinge (Fig. 305, vergl. §. 339). — Spaltbar nach $0P$ und ∞P.

Isomorph sind 1) essigsaures Bleioxyd (Bleizucker, $PbO,C_4H_3O_3+3HO$), und 2) essigsaurer Baryt (wenn er in der Kälte krystallisirt ist und eine dem ersteren Salze entsprechende Zusammensetzung hat). Es ist

	bei 1):	bei 2):
$a:b:c=$	$0{,}4589:1:1{,}1376$	$0{,}4681:1:1{,}1442$
$L=$	$70^0 12'$	$66^0 33'$
W für $\infty P=$	$128^0 0'$	$125^0 56'$

V für $+P\infty=49^0 40'$; V für $+\frac{1}{2}P\infty=79^0 15'$

Gewöhnliche Combination: $\infty P.0P.\infty P\infty$, ähnlich Fig. 308, aber tafelförmiger dadurch, dass $0P$ vorherrschender ist; manchmal tritt bei 1) noch $+P\infty$, bei 2) $+\frac{1}{2}P\infty$ untergeordnet hinzu. Spaltbar nach $0P$ und $\infty P\infty$.

Ameisensaures Kupferoxyd (CuO,C_2HO_3+4HO). $a:b:c=0{,}9964:1:0{,}7711$; $L=78^0 55'$. W ist für $\infty P=89^0 8'$, A für $+P=112^0 38'$, w für $\infty P=82^0 8'$. Gewöhnliche Combination: $\infty P.0P.+P$ (Fig 306). Spaltbar nach $0P$.

Ameisensaures Cadmiumoxyd (CdO,C_2HO_3+2HO). $a:b:c=0{,}7546:1:0{,}924$; $L=82^0 55'$. Für ∞P ist $W=105^0 30'$, $w=85^0 43'$; V für $+2P\infty=29^0 55'$. Die Krystalle zeigen vorherrschend ∞P und $0P$, kurz säulenförmig mit $+P$, $+2P\infty$ (ähnlich Fig. 304), $-P$ und $\infty P\infty$, oder tafelförmig durch Vorwalten von $0P$, mit $-P$ und $+2P\infty$ (welches letztere dann oft bis zum Verschwinden von $\infty P\infty$ vorherrscht). — Damit isomorph ist das ameisensaure Manganoxydul und das ameisensaure Zinkoxyd.

Neutrales oxalsaures Kali ($2KO,C_4O_6+2HO$). $a:b:c$ §. 355.
$=0{,}677:1:1{,}158$; $L=69^0 2'$. A ist für $+P=75^0 12'$, B für $-P=96^0 16'$; für $\pm P$ ist $C=117^0 19'$, $D=126^0 49'$. Die Krystalle zeigen $+P.-P$ (ähnlich Fig. 62) mit $0P$, $\infty P\infty$, $+P\infty$ u. $-P\infty$.

S. g. zweifach-oxalsaures Kali (KO,HO,C_4O_6). $a:b:c=2{,}976:1:2{,}384$; $L=46^0 31'$. W ist für $\infty P=27^0 24'$, für $[P\infty]=119^0 40'$, für $[2P\infty]=81^0 24'$. Die Krystalle zeigen vorherrschend $\infty P.[\infty P\infty].\infty P\infty.0P$, untergeordnet $[P\infty]$, $[2P\infty]$ u. a.

Sie sind sehr vollkommen spaltbar nach $\infty P\infty$, weniger nach $[\infty P\infty]$.

Isomorph sind die oxalsauren Doppelsalze von Eisenoxyd, Chromoxyd oder Thonerde und Kali oder Ammoniumoxyd (allgemeine Formel: $Me_2O_3, 3Alk, 3C_4O_6 + 6HO$, wenn Me = Fe, Cr oder Al, und Alk = KO oder AmO). Mit Vernachlässigung der nicht bedeutenden Winkeldifferenzen, welche diese Salze zeigen, kann man für sie setzen $a:b:c = 0{,}999:1:0{,}395$; $L = 86°$. Für $+P$ ist $A = 138°48'$, für $-P$ $B = 140°34'$, für $\pm P$ $C = 139°42'$, $D = 58°19'$; W für ∞P nahe $= 90°$, für $[\infty P^3/_2] = 112°30'$; V für $+P\infty = 71°56'$. Die Krystalle sind säulenförmig durch Vorherrschen von ∞P. $[\infty P^3/_2]$, $[\infty P\infty]$, $\infty P\infty$, an den Enden begrenzt durch $\pm P$ im Gleichgewicht (dann ähnlich Fig. 297), oder vorherrschendes $+P$, oder vorherrschendes $+P\infty$.

§. 356. Neutrales weinsaures Kali ($2KO, C_8H_4O_{10} + HO$). $a:b:c = 0{,}4021:1:1{,}0085$; $L = 75°12'$. Für ∞P ist $W = 134°50'$; V für $+P\infty = 52°5'$, für $-P\infty = 37°25'$. Die häufigst vorkommenden Flächen sind ∞P, $0P$, $\infty P\infty$, $[\infty P\infty]$, $+P\infty$, $-P\infty$; seltner zeigt sich $+^1/_2P$. (Vergl. §. 336). Spaltbar nach $+P\infty$ und $-P\infty$.

Neutrales weinsaures Ammoniumoxyd ($2AmO, C_8H_4O_{10}$). $a:b:c = 0{,}868:1:1{,}244$; $L = 88°9'$. W ist für $[P\infty] = 69°50'$; V für $+P\infty = 39°31'$. Gewöhnliche Combination: $0P$. $\infty P\infty$. $+P\infty$. $[P\infty]$ (Fig. 343, vergl. §. 326), auch mit untergeordneten $+P$ und $-P$flächen. Vollkommen spaltbar nach $0P$.

§. 357. Ferridcyankalium (Kaliumeisencyanid, rothes Blutlaugensalz) Ferridcyanammonium und die entsprechenden Kobalt-, Mangan- und Chromverbindungen ($2Cfy, 3K$ oder $Fe_2Cy_3, 3KCy$ u. s. w.) sind isomorph, mit nur geringen Winkelunterschieden. Nach den Messungen am Ferridcyankalium ist $a:b:c = 0{,}7457:1:0{,}5985$; $L = 72°27'$. Für $+P$ ist $A = 105°4'$, für $-P$ ist $B = 119°28'$, für $\pm P$ ist $C = 129°59'$, $D = 88°18'$; für ∞P ist $W = 103°56'$. Gewöhnliche Combination des Ferridcyankaliums: $+P$. $-P$. ∞P. $\infty P\infty$ (Fig. 300), auch Zwillinge (Fig. 301, vergl. §. 337); das Kaliumkobaltcyanid zeigt häufig $+P$. $-P$. $\infty P\infty$. $[\infty P\infty]$, auch $-P$ vor $+P$ vorwaltend (Fig. 302), auch Zwillinge (Fig. 303, vergl. §. 337); an dem Kaliumchromcyanid ist ∞P. $+P$. $-P$. $[P\infty]$ beobachtet.

Zucker (Rohrzucker, $C_{12}H_{11}O_{11}$). $a:b:c=0{,}7952:1:0{,}7$; §. 358.
$L=76°44'$. W ist für $\infty P=101°30'$, für $[P\infty]=98°50'$; V für $+P\infty=64°12'$. Gewöhnliche Combinationen: $\infty P.0P.\infty P\infty$ (Fig. 308), $\infty P.0P.\infty P\infty.+P\infty.[P\infty]$ (Fig. 309, $[P\infty]$ hälftzählig auftretend, vergl. §. 336). Spaltbar nach $\infty P\infty$.

Taurin ($C_4H_7NS_2O_6$). $a:b:c=1{,}4648:1:0{,}6648$; $L=86°22'$. A ist für $+P=137°30'$, B für $-P=139°44'$, für $\pm P$ ist $C=117°38'$, $D=77°37'$; W für $\infty P=68°32'$; w für $\infty P=87°0'$. Die Krystalle zeigen meist $\infty P.[\infty P\infty].+P.-P$, ähnlich Fig. 297, auch $0P$ u. a.

Piperin ($C_{34}H_{19}NO_6$). $a:b:c=1{,}0355:1:0{,}6075$; $L=70°33'$. Für ∞P ist $W=84°38'$, $w=75°45'$. Gewöhnliche Form: $\infty P.0P$ (ähnlich Fig. 63); selten und dann sehr untergeordnet zeigen sich $+P$ und $-P$.

Di- und triklinometrisches System.

§. 359. In dem monoklinometrischen System waren die Nebenaxen rechtwinklig zu einander geneigt, und die Hauptaxe machte mit der einen Nebenaxe einen rechten, mit der anderen einen schiefen Winkel. Krystallformen, wo die Nebenaxen rechtwinklig zu einander geneigt sind und die Hauptaxe schief gegen beide Nebenaxen steht, gehören in das diklinometrische, Krystallformen, wo alle drei Axen unter schiefen Winkeln zu einander geneigt sind, gehören in das triklinometrische System. Das Vorkommen diklinometrischer Krystallformen ist noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen (vergl. die Anmerkung zu §. 367); wir wollen deshalb hier das triklinometrische System im Allgemeinen betrachten und die Eigenthümlichkeiten des diklinometrischen in einzelnen Fällen hervorheben; wo auf eine Verschiedenheit in den beiden Systemen nicht aufmerksam gemacht ist, gilt das für das triklinometrische System Gesagte auch für das diklinometrische.

Die drei Axen des triklinometrischen Systems sind einzelne Axen; als Hauptaxe nimmt man wieder diejenige, in deren Richtung vorzugsweise prismatische Ausbildung statt hat, oder welcher die meisten Flächen und Kanten parallel sind. Die zwei anderen Axen, Nebenaxen, werden wieder der Grösse nach als Makrodiagonale und als Brachydiagonale bezeichnet.

Der basische Hauptschnitt geht durch die beiden Nebenaxen, der makrodiagonale durch die Hauptaxe und die Makro-

diagonale, der brachydiagonale durch die Hauptaxe und die Brachydiagonale.

§. 360. Ein triklinometrisches Axensystem ist vollständig bestimmt, wenn das Grössenverhältniss der drei Axen, oder die Grösse von zweien derselben bezogen auf die der dritten als Einheit, gegeben ist, und ausserdem die drei Neigungswinkel der Axen zu einander (Hauptaxe zur Makrodiagonale, Hauptaxe zur Brachydiagonale, Makrodiagonale zur Brachydiagonale). Zur vollständigen Bestimmung eines triklinometrischen Axensystems müssen also fünf Grössen, aus fünf von einander unabhängigen Messungen, ermittelt werden. Die Bestimmung des Axensystems ist hierdurch erschwert; sie wird es noch mehr dadurch, dass man alle Flächen willkürlich in der verschiedensten Weise bestimmen kann. Nur für solche triklinometrisch krystallisirende Substanzen, welche einen grossen Reichthum an Flächen zeigen, kann es von Wichtigkeit sein, eine Grundform zu berechnen, und dies kommt verhältnissmässig so selten vor, dass die Angabe dieser Berechnung hier unterbleiben mag.

Bei dem diklinometrischen Krystallsystem kann man diejenige Axe als Hauptaxe nehmen, welche zu den beiden anderen schief geneigt ist; diese letzteren, die Nebenaxen, stehen dann rechtwinklig zu einander und können gleichfalls als Makrodiagonale und als Brachydiagonale unterschieden werden.

§. 361. Die Formen des triklinometrischen Systems denken wir uns so gestellt, dass die Nebenaxen in einer horizontalen Ebene liegen; die Hauptaxe steht dann geneigt, und bald ist es für die Betrachtung vortheilhafter, ihr oberes Ende von dem Beobachter weg-, bald ihr oberes Ende dem Beobachter zugewendet zu stellen. Ebenso treten die Eigenthümlichkeiten einer Krystallform und interessante Beziehungen derselben bald besser hervor, wenn man die Makrodiagonale ungefähr von vorn nach hinten gerichtet sein lässt, bald, wenn man der Brachydiagonale diese Richtung giebt. Eine allgemeine Regel lässt sich hier nicht aufstellen.

Die Zeichnung eines gegebenen triklinometrischen Axensystems lässt sich nicht mehr so einfach ausführen, wie dies für die früheren Systeme möglich war. Man zeichnet ein gegebenes Axensystem der Art am Besten in der Weise, dass man

die Lage einer Linie berechnet, welche von dem Mittelpunkte des Axensystems zu dem Punkte geht, in welchem ein von irgend einer Stelle der Hauptaxe auf die Ebene der Nebenaxen gefälltes Perpendikel diese Ebene trifft (Kenntniss der Lage dieser Linie bedeutet hier die Kenntniss der Winkel, welche sie mit den beiden Nebenaxen macht), und dass man weiter berechnet den Winkel, unter welchem die Hauptaxe zu dieser Linie geneigt ist. Man zieht dann diese Linie von links nach rechts gerichtet, zeichnet die Nebenaxen unter den richtigen Winkeln zu ihr zuerst im Grundriss und dann nach den früher angegebenen Regeln ihre perspectivische Ansicht; und die Hauptaxe zieht man unter dem wirklichen (vorher berechneten) Neigungswinkel zu dieser Linie. Man kann sich diese Linie auch von vorn nach hinten gerichtet denken, und die einfachen früher angegebenen Regeln genügen auch für diesen Fall, die perspectivische Zeichnung zu vollenden.

Einfache Formen.

§. 362. Als Grundform lässt sich auch in dem triklinometrischen System eine Pyramide denken, deren Flächen die drei zu einander schiefwinklig stehenden Axen in verschiedenen Abständen von dem Mittelpunkte schneiden; es entsteht so eine triklinometrische Pyramide (ein- und eingliedriges Oktaëder, Anorthotyp, Anorthoid). Fig. 65 (Mod. 55) zeigt eine solche für das Axensystem des Kupfervitriols; aa ist hier die Brachydiagonale, bb die Makrodiagonale, cc die Hauptaxe; $a:b:c=$ 0,5655 : 1 : 0,5506; b rechts ist zu a vorn unter 77°37′, b rechts zu c oben unter 82°21′, a vorn zu c oben unter 73°10′ geneigt.

An einer solchen triklinometrischen Pyramide sind die acht Flächen viererlei Art; nur je zwei parallele sind gleichartig. Man unterscheidet sie in der Art, dass man von den vier dem Beobachter zugewendeten Flächen die rechts oben mit P', die links oben mit $'P$, die rechts unten mit $P_{,}$ die links unten mit $_{,}P$ bezeichnet; von den hinteren Flächen erhält jede dasselbe Zeichen, welches die mit ihr parallele vordere hat. Es ist klar, dass diese Bezeichnungsweise sich auf Eine bestimmte Stellung der Pyramide bezieht; eine Veränderung der Stellung würde eine neue Bezeichnung jeder Fläche bedingen.

Die sechs Ecken sind dreierlei Art. — Die drei Hauptschnitte durch eine triklinometrische Pyramide sind Rhomboide; von den zwölf Kanten sind nur je zwei sich parallele gleich.

Es ist also hier die möglichste Vielartigkeit in den Begrenzungselementen vorhanden, und charakteristische Verschiedenheit gegenüber den monoklinometrischen und anderen Pyramiden (vergl. §. 304 und die da angeführten Stellen). — An einer diklinometrischen Pyramide wäre fast alles gerade so wie an einer triklinometrischen, nur wäre der basische Hauptschnitt ein Rhombus; die in ihm liegenden vier Kanten wären aber auch zweierlei Art (obgleich alle gleich lang), weil sie durch ungleichartige Flächen gebildet wären.

Das vollständige Zeichen einer triklinometrischen Grundform ist $,'P,'$; je zwei parallele ihrer Flächen können selbstständig, unabhängig von allen anderen, auftreten. Ausser den Flächen der Grundform können noch Flächen secundärer Pyramiden, allgemein $m,'\breve{P},'n$ oder $m,'\breve{P},'n$, vorkommen; auch diese secundären Pyramiden sind eigentlich Combinationen von Viertelspyramiden, welche unabhängig von einander sind.

Prismatische Flächen können vorkommen in der Richtung §. 363.
jeder Axe. Die Flächen des Hauptprisma's ∞P schneiden die Brachy- und die Makrodiagonale in demselben Verhältniss, wie die Flächen der Grundform, und sind der Hauptaxe parallel. Aber von den vier Flächen des Prisma's ∞P sind nur je zwei sich parallele gleichartig, und solche zwei sind unabhängig von den beiden anderen. Man bezeichnet die Prismafläche vorn rechts und die ihr parallele mit $\infty P,'$, die anderen mit $\infty,'P$, das Vorkommen dieser zweierlei Prismaflächen zusammen mit $\infty,'P,'$.

Aehnlich wie im rhombischen System kommen secundäre Prismen vor, von den allgemeinen Zeichen $\infty\breve{P}n$ oder $\infty\breve{P}n$; jedes zerfällt in zwei Hemiprismen ($\infty\breve{P},'n$ und $\infty,'\breve{P}n$, $\infty\breve{P},'n$ und $\infty,'\breve{P}n$).

Die einer Nebenaxe parallelen prismatischen Formen oder Domen (allgemein $m\breve{P}\infty$ oder $m\breve{P}\infty$) zerfallen gleichfalls in zwei Hemidomen. Ist die Grundform so gestellt, dass die Makrodiagonale auf den Beobachter zu gerichtet ist, so können von einem makrodiagonalen Doma $m\breve{P}\infty$ die zwei Flächen

oben links und unten rechts unabhängig von den beiden anderen auftreten; erstere erhalten dann das Zeichen $m'\bar{P},\infty$, letztere $m,\bar{P}'\infty$. Wäre die Brachydiagonale die auf den Beobachter zu gerichtete Nebenaxe, so würde ebenso die Bezeichnung für die zu jedem brachydiagonalen Doma $m\breve{P}\infty$ gehörenden zwei Hemidomen $m'\breve{P},\infty$ und $m,\breve{P}'\infty$ sein. — Wenn die Makrodiagonale die von links nach rechts gerichtete Nebenaxe ist, so können von den vier Flächen eines makrodiagonalen Doma's $m\bar{P}\infty$ zwei, vorn oben und hinten unten, auftreten, unabhängig von den zwei anderen, welche vorn unten und hinten oben auftreten würden; mit Rücksicht darauf, wo jedes dieser Hemidomen vorn erscheint, wird das erstere mit $m'P'\infty$, das letztere mit m,P,∞ bezeichnet. Wäre die Brachydiagonale von links nach rechts gerichtet, so würden die brachydiagonalen Hemidomen mit $m'\breve{P}'\infty$ und $m,\breve{P},\infty$ bezeichnet.

Man sieht leicht ein, dass sich in diesem System alle prismatischen Formen (Prismen und Domen) so verhalten, wie in dem monoklinometrischen System die orthodiagonalen Domen. An allen sind nur die zwei sich gegenüberliegenden Flächen gleichartig. — Ausserdem sieht man aber auch leicht, wie die ganze Bezeichnung der Pyramidenflächen und der Prismen- oder Domenflächen auf der Annahme einer bestimmten Stellung des Axensystems beruht.

Endlich kommen noch dreierlei Endflächen vor: basische $0P$, makrodiagonale $\infty\bar{P}\infty$, brachydiagonale $\infty\breve{P}\infty$.

Combinationen.

§. 364. Gleichartigkeit der Flächen findet also in diesem System nur zwischen je zwei parallelen statt; keine einzige einfache Form hat mehr als zwei Flächen. Alle triklinometrischen Krystalle sind also Combinationen; die Eigenthümlichkeiten derselben ergeben sich am Besten aus der Vergleichung mit den entsprechenden monoklinometrischen.

Fig. 350 zeigt eine Combination des triklinometrischen Feldspaths (Albits); an diesem ist das Verhältniss der Makrodiagonale zur Brachydiagonale zur Hauptaxe = 1,627 : 1 : 0,887; die Hauptaxe oben ist zur Brachydiagonale rechts unter 63°25′,

zur Makrodiagonale vorn unter 85°20′ geneigt, die Makrodiagonale vorn zur Brachydiagonale rechts unter 86°45′. Die Makrodiagonale des triklinometrischen Feldspaths entspricht der Orthodiagonale (*a*) des monoklinometrischen Feldspaths (Orthoklases oder Adulars), die Brachydiagonale des ersteren der Klinodiagonale (*b*) des letzteren; für den monoklinometrischen Feldspath ist das Axenverhältniss $a : b : c = 1{,}519 : 1 : 0{,}844$, der Winkel der Hauptaxe zur Klinodiagonale = 63°53′, der zwischen der Hauptaxe und der Orthodiagonale = 90° und eben so gross der zwischen der Ortho- und der Klinodiagonale; Fig. 318, 322, 323 zeigen Formen des monoklinometrischen Feldspaths. An dem letzteren ist $0P$ oben gegen ∞P vorn rechts ebenso geneigt, wie gegen ∞P hinten rechts (unter 67°44′), gegen ∞P vorn links ebenso, wie gegen ∞P hinten links (unter 112°16′); an dem triklinometrischen*) hingegen ist $0P$ oben gegen die Flächen des Prisma's $\infty'P'$ unter vier verschiedenen Winkeln geneigt, gegen die Prismafläche vorn rechts ($\infty P_r'$) unter 64°55′, gegen die hinten rechts unter 69°9′, gegen die vorn links ($\infty'P$) unter 110°51′, gegen die hinten links unter 115°5′. — An dem monoklinometrischen Feldspath ist $0P$ oben gegen $[\infty P\infty]$ hinten unter demselben Winkel geneigt, wie gegen $[\infty P\infty]$ vorn, unter 90°; an dem triklinometrischen ist $0P$ oben gegen $\infty\breve{P}\infty$ vorn unter 86°24′, gegen $\infty\breve{P}\infty$ hinten unter 93°36′ geneigt. — An dem monoklinometrischen Feldspath ist $[\infty P\infty]$ vorn unter demselben Winkel (120°36′) zu den anliegenden Prismaflächen geneigt; an dem triklinometrischen $\infty\breve{P}\infty$ vorn zu $\infty'P$ unter 119°52′, zu $\infty P_r'$ unter 117°53′. — An dem monoklinometrischen Feldspath bildet $+P\infty$ oben rechts gleichartige Combinationskanten nach $[\infty P\infty]$ hinten und nach $[\infty P\infty]$ vorn, und diese gleichartigen Combinationskanten werden durch gleichartige Flächen $+P$ abgestumpft; an dem triklinometrischen bildet $\bar{P}'\infty$ oben rechts keineswegs gleichartige Combinationskanten mit den Flächen $\infty\breve{P}\infty$ vorn und hinten; die Combinationskante zwischen $\bar{P}'\infty$ rechts oben und der Fläche $\infty\breve{P}\infty$ vorn kann abgestumpft sein (durch P'), ohne dass die Combinationskante zwischen $P'\infty$ rechts oben und der Fläche $\infty\breve{P}\infty$ hinten dieselbe Veränderung erleidet.

*) Modell 54 zeigt eine Combination $0P.\ \infty'P.\ \infty P_r'$, wie sie dem Axensystem des Kupfervitriols entspräche.

§. 365. In dem monoklinometrischen System zerfiel die Grundform P in zwei von einander unabhängige Hemipyramiden, deren jede mit vier gleichartigen Flächen, zwei oben und zwei unten, ohne die andere auftreten konnte. In dem triklinometrischen kann jede Viertelspyramide mit nur zwei gleichartigen Flächen, einer oben und einer unten, für sich auftreten. Als Grundform des Kupfervitriols hat man die Fig. 65 (Mod. 55) dargestellte triklinometrische Pyramide (vergl. §. 362) angenommen. Treten zu dieser die Endflächen $\infty\breve{P}\infty$ und $\infty\breve{P}\infty$ und die zusammengehörigen Hemiprismen $\infty,'\breve{P}$ und $\infty P,'$, so entsteht die Fig. 66 (Mod. 56) dargestellte Form. Treten von den Pyramidenflächen aber nur die zu P' gehörigen (P' und die parallele) auf, d. h. denkt man sich diese und die der Hauptaxe parallelen Flächen bis zur Verdrängung der anderen Pyramidenflächen wachsend, so entsteht die Fig. 67 (Mod. 57) dargestellte gewöhnlichste Form des Kupfervitriols. Die so leicht zu erhaltenden Krystalle dieses Salzes eignen sich sehr gut dazu, die Eigenthümlichkeiten des triklinometrischen Systems anschaulich zu machen; $\infty\breve{P}\infty$ (der Hauptaxe parallel gestreift und daran meistens leicht kenntlich) ist geneigt zu $\infty,'P$ unter 154°3′, zu $\infty P,'$ unter 149°7′; $\infty\breve{P}\infty$ zu $\infty P,'$ unter 110°10′, zu $\infty,'P$ (hinten) unter 126°40′; $\infty\breve{P}\infty$ zu $\infty\breve{P}\infty$ unter 79°19′; $\infty,'P$ zu $\infty P,'$ unter 123°10′; P' zu $\infty\breve{P}\infty$ unter 103°27′, zu $\infty P,'$ unter 127°40′, zu $\infty\breve{P}\infty$ unter 120°50′. (Diese Zeichen gehen, wo nicht das Gegentheil bemerkt ist, auf die in Fig. 67 vorderen Flächen.)

Untergeordnet treten häufig noch andere Flächen auf; zu ihrer Bestimmung wie zu der Entwickelung triklinometrischer Combinationen im Allgemeinen ist wiederum das allgemeine Gesetz von Wichtigkeit, dass die Flächen zweier Formen, deren Combinationskanten einem Hauptschnitt parallel sind, die zwei in diesem Hauptschnitt liegenden Axen in demselben Verhältniss schneiden (der speciellere Ausdruck dieses Gesetzes ist auch für dieses System, wie §. 255 angegeben). — Fig. 68 zeigt einige der an dem Kupfervitriol häufiger untergeordnet auftretenden Formen. Die Hemidomen $2,\breve{P}'\infty$, $,\breve{P}'\infty$, $'\breve{P},\infty$, $2'\breve{P},\infty$ ebenso wie die basische Endfläche $0P$ bilden als Formen, welche der Brachydiagonale parallel sind, unter einander und mit $\infty\breve{P}\infty$ Combinationskanten, welche dem basischen Haupt-

schnitt parallel sind. $0P$ bildet als Endfläche mit P' eine Combinationskante, welche der zwischen P' und $\infty P_{,}'$ parallel ist. — In Fig. 67 liegen die Kanten zwischen P' und $\infty\bar{P}\infty$ dem makrodiagonalen Hauptschnitt parallel; die Flächen, welche (in Fig. 68) diese Kanten abstumpfen, schneiden die Hauptaxe und die Makrodiagonale in demselben Verhältniss wie P'; d. h. wenn sie auch der Brachydiagonale parallel sind, gehören sie zu dem Doma $\breve{P}\infty$; in Fig. 68 ist so $,\breve{P}'\infty$ kenntlich. $2,\breve{P}'\infty$ bildet Abstumpfungen der (schärferen) Kanten zwischen P' und $\infty,'P$. Die Kanten zwischen P' und $\infty\breve{P}\infty$ sind dem brachydiagonalen Hauptschnitt parallel; sie sind theilweise in Fig. 68 abgestumpft durch Flächen einer Pyramide, welche die Hauptaxe und die Brachydiagonale in demselben Verhältniss schneidet, wie die Grundform, durch $2\breve{P}'2$ (an der Stelle dieser Flächen oder neben ihnen zeigt sich auch manchmal $3\breve{P}3$).

Die Kanten zwischen einer der Hauptaxe parallelen Endfläche und den anliegenden Prismaflächen sind ungleichartig; die eine kann verändert werden, ohne dass die andere an dieser Veränderung theilnehmen muss. So zeigen sich an dem Kupfervitriol (Fig. 67) die Kanten zwischen $\infty\bar{P}\infty$ und $\infty,'P$ manchmal abgestumpft durch $\infty,'\bar{P}2$, ohne dass die Kanten zwischen $\infty\bar{P}\infty$ und $\infty P_{,}'$ abgestumpft wären; so treten nicht selten zwei Flächen $\infty\breve{P}_{,}'2$ allein auf, als Abstumpfungen der Kanten zwischen $\infty\breve{P}\infty$ und $\infty P_{,}'$. — An dem triklinometrischen Feldspath (Albit), Fig. 350, zeigen sich die Flächen $\infty,'\breve{P}3$ und $\infty\breve{P}_{,}'3$ als Abstumpfungen der Kanten, welche $\infty\breve{P}\infty$ mit $\infty,'P$ und $\infty P_{,}'$ bildet.

§. 366. Bei der Bestimmung triklinometrischer Krystalle hat man zu beachten, dass die Ausbildung eines Krystalls an diametral entgegengesetzten Stellen nicht dieselbe ist; es finden sich zwar dieselben Flächen, aber in anderer Richtung auf einander folgend. — In allen Systemen mit rechtwinklig zu einander stehenden Axen kann man den Krystall herumdrehen, das vorher obere Ende zum unteren, das vorher vordere zum hinteren, das vorher links befindliche zum rechts befindlichen machen, ohne dass die Stellung des Krystalls im Allgemeinen eine andere wird. Ein Topaskrystall wie Fig. 279 (Mod. 40) könnte unten oder oben aufgewachsen und also hier nicht durch Krystallflächen begrenzt sein, und man könnte doch immer das

freie Ende als oberes so stellen, wie es Fig. 279 vorgezeichnet ist; dasselbe gilt für links und rechts, für vorn und hinten: die Begrenzung eines rhombischen Krystalls*) oben (oder links, oder vorn) ist im Allgemeinen das Ebenbild seiner Begrenzung unten (oder rechts, oder hinten). Wenn ein monoklinometrischer Krystall, z. B. Fig. 307 (ähnlich Mod. 50), oben nicht ausgebildet wäre, so könnte man ihn drehen, so dass sein ausgebildetes Ende als oberes in der Fig. 307 vorgezeichneten Stellung erschiene, und dasselbe gilt für links und rechts; wenn er aber vorn nicht ausgebildet wäre, so könnte man ihn nicht so drehen, dass seine hinteren Flächen in die Stellung kämen, wie sie Fig. 307 für die Stellung der vorderen vorschreibt; die Begrenzung um das eine Ende der Orthodiaganale ist das Spiegelbild der Begrenzung um das andere Ende dieser Axe. In dem triklinometrischen System endlich ist die Begrenzung an dem einen Ende jeder Axe das Spiegelbild der Begrenzung an dem anderen Ende derselben; wenn ein Kupfervitriolkrystall wie Fig. 67 (Mod. 57) mit dem oberen Ende angewachsen ist, so kann man das freie Ende nie so stellen, dass es als oberes für Fig. 67 erschiene. Nehmen wir die in dieser Figur gezeichnete Stellung als massgebend für die Bestimmung, so sind die Kupfervitriolkrystalle manchmal mit dem unteren, manchmal mit dem oberen Ende aufgewachsen oder verwachsen; der Anfänger hat dies bei Bestimmungsübungen zu beachten, weil man im Allgemeinen stets versucht ist, der leichteren und vollständigeren Betrachtung wegen das freie und ausgebildete Ende nach oben zu stellen. Was hier für die triklinometrischen Krystalle in Beziehung auf oben und unten gesagt wurde, gilt natürlich auch für links und rechts und für vorn und hinten.

§. 367. Die Winkel, welche die drei Axen in dem triklinometrischen System mit einander machen, sind bei den verschiedenen hierher gehörigen Substanzen verschieden gross; ebenso die Winkel, unter welchen die drei Hauptschnitte zu einander geneigt sind. Wenn die Neigung des makrodiagonalen zu dem brachydiagonalen Hauptschnitt ($\infty\bar{P}\infty$ zu $\infty\breve{P}\infty$) nicht merklich von 90^0 abweicht, so ist eine der Hauptaxe parallele Endfläche ($\infty\bar{P}\infty$

*) Eine Ausnahme findet statt bei rhombischen Krystallen, an welchen die in §. 279c besprochene Hemiëdrie auftritt.

oder $\infty\breve{P}\infty$) gegen die anstossenden zwei Flächen des Prisma's $\infty,'P,'$ unter demselben Winkel geneigt, was aber eine Gleichartigkeit dieser beiden Prismaflächen und der so entstehenden Combinationskanten keineswegs beweist. An dem unterschwefligsauren Kalk ($CaO, S_2O_2 + 6HO$) ist dies der Fall. Fig. 349 zeigt eine einfachere Form dieses Salzes; die Hauptaxe c oben ist zu der Brachydiagonale a hinten unter 81°16′, zu der Makrodiagonale b rechts unter 72°47′ geneigt; die Makrodiagonale b rechts zu der Brachydiagonale a hinten unter 87°26′. $0P$ ist geneigt zu $\infty\breve{P}\infty$ unter 72°58′, zu $\infty P\infty$ unter 98°21′, zu $\infty,'P$ unter 107°17′, zu $\infty P,'$ unter 85°51′; $\infty\bar{P}\infty$ zu $\infty\breve{P}\infty$ unter 90°; $\infty\bar{P}\infty$ zu $\infty,'P$ und $\propto P,'$ unter 140°55′, $\infty\breve{P}\infty$ zu $\infty P,'$ und $\infty,'P$ (hinten) unter 129°5′; $\infty,'P$ zu $\infty P,'$ unter 101°50′ (die Zeichen gehen auf die vorderen Flächen der Fig. 349, wo nicht das Gegentheil bemerkt ist*).

Zwillingskrystalle.

Zwillingsbildungen sind in diesem Systeme seltener; es §. 368. mag hier nur einiger an dem triklinometrischen Feldspath vorkommender erwähnt werden. Die Zwillingsfläche ist hier manchmal parallel $\infty\bar{P}\infty$ (entsprechend $\infty P\infty$ an dem monoklino-

*) Meistens wird, wie oben, angenommen, die Schiefwinkligkeit der drei Axen bedinge den triklinometrischen, die Rechtwinkligkeit zweier Axen, die beide zu der dritten Axe schief geneigt sind, den diklinometrischen Charakter. Dann können triklinometrische Krystalle vorkommen, bei welchen zwei Hauptschnitte rechtwinklig zu einander sind, wie in dem oben erläuterten Beispiel. — Aber auch die entgegengesetzte Ansicht ist ausgesprochen, die Schiefwinkligkeit der drei Hauptschnitte zu einander bedinge den triklinometrischen, die Rechtwinkligkeit zweier Hauptschnitte, welche beide zu dem dritten Hauptschnitt schief geneigt sind, den diklinometrischen Charakter. Der letzteren Ansicht nach wäre der unterschwefligsaure Kalk diklinometrisch, und es sind ihr zufolge triklinometrische Krystalle möglich, in welchen zwei Axen rechtwinklig zu einander sind. — Nur höchst selten kommt ein Fall vor, wo diese hier nur angedeutete Meinungsverschiedenheit auf die Beurtheilung des Krystallsystems von Einfluss ist; bei fast allen Krystallen mit geneigten Axen, welche nicht in das monoklinometrische System gehören, sind sowohl die drei Axen als auch die drei Hauptschnitte nur unter schiefen Winkeln zu einander geneigt.

metrischen Feldspath), und dann entstehen ähnliche Zwillinge wie Fig. 320 und 321 (vergl. §. 338). Manchmal ist die Zwillingsfläche parallel $\infty \breve{P} \infty$ (entsprechend $[\infty P \infty]$ an dem monoklinometrischen Feldspath), und diese Zwillinge weisen den triklinometrischen Charakter auf das Deutlichste nach. Denkt man sich einen monoklinometrischen Feldspath, z. B. Fig. 318, durch den klinodiagonalen Hauptschnitt (nach den punktirten Linien) halbirt und die eine Hälfte um 180° gegen die andere gedreht, so bietet der Krystall dieselbe Form wie vorher; die so zusammenkommenden Flächenstücke $0P$ kommen in Eine Ebene zu liegen, ebenso die zusammenkommenden Flächenstücke $+2P\infty$. Denkt man sich aber einen triklinometrischen Feldspath, wo $0P$ schief zu $\infty \breve{P} \infty$ steht, Fig. 350, durch den brachydiagonalen Hauptschnitt (nach den punktirten Linien) halbirt und die eine Hälfte gegen die andere um 180° gedreht, so entsteht ein Zwilling Fig. 351, wo an dem einen (in der Figur dem oberen) Ende $0P$ der einen Hälfte mit $0P$ der anderen einen einspringenden Winkel von 172°48′ und $,P'\infty$ mit $,P'\infty$ einen eben solchen von 175°12′ bildet, während an dem anderen Ende die gleichnamigen Flächen unter ausspringenden Winkeln von derselben Grösse zu einander geneigt sind. — Auch Zwillinge, wo die zusammensetzenden Individuen in einer Fläche parallel $0P$ verwachsen sind, kommen vor.

Uebersicht einiger im triklinometrischen System krystallisirenden Substanzen.

§. 369. Die krystallographische Beschreibung der in dieses System gehörigen Substanzen ist ohne grosse Weitläufigkeit nicht mit Deutlichkeit durchzuführen; welches Axensystem man bei ihnen als das der Grundform annehmen soll, ist oft zweifelhaft. Noch grössere Willkür als in dem monoklinometrischen System (vergl. §. 330) herrscht in diesem, was die Bestimmung der einzelnen Flächen angeht; je zwei sich parallele können ebensowohl als Endflächen, wie als Hemiprismen- oder Hemidomenflächen, wie als Flächen von Viertelspyramiden betrachtet werden. Während in den ersten Systemen die Grundform durch einerlei Flächen begrenzt war, ihr Axensystem durch die Betrach-

tung von Einer Art Flächen festgestellt und dann alle anderen Arten von Flächen daraus abgeleitet werden konnten, muss in diesem Systeme die Wahl und Bestimmung einer Grundform und ihres Axensystems auf die Untersuchung von vielerlei Arten von Flächen gestützt sein; in diesem Systeme beruht die Annahme einer Grundform auf der Betrachtung der Lage von vielerlei Flächen, während in den früheren alle Flächen aus der Annahme einer Grundform abgeleitet werden konnten, und die Wahl der Grundform selbst viel weniger einer Unsicherheit unterlag.

Es mag deshalb hier nur eine kurze Aufzählung einiger wichtigerer Körper folgen, welche triklinometrisch krystallisiren. Triklinometrischer Feldspath (Albit, Periklin, Tetartin u. s. w.: $NaO, SiO_3 + Al_2O_3, 3SiO_3$ o. $NaO, Al_2O_3, 4SiO_3$ wenn $Si = 21$, oder $NaO, Al_2O_3, 6SiO_2$ wenn $Si = 14$, wo Na theilweise durch K vertreten sein kann; vergl. §. 364 und 368. Oligoklas: $RO, SiO_3 + Al_2O_3, 2SiO_3$ o. $RO, Al_2O_3, 3SiO_3$ wenn $Si = 21$, oder $2RO, 2Al_2O_3, 9SiO_2$ wenn $Si = 14$, wo $R = Na, K, Ca, Mg$. Labrador: $RO, Al_2O_3, 2SiO_3$ oder $RO, Al_2O_3, 3SiO_2$, wo $R = Ca$ u. Na. Anorthit: $3RO, 3Al_2O_3, 4SiO_3$ oder $RO, Al_2O_3, 2SiO_2$, wo $R = Ca, Mg, Na, K$). Axinit. Borsäure ($BO_3, 3HO$). Traubensäure ($2HO, C_8H_4O_{10} + 2HO$). Isomorph sind schwefelsaures Kupferoxyd (Kupfervitriol, $CuO, SO_3 + 5HO$; vergl. §. 362, 365) und das entsprechend zusammengesetzte schwefelsaure Eisenoxydul, schwefelsaure Manganoxydul und selensaure Kupferoxyd. Salpetersaures Quecksilberoxydul ($5Hg_2O, 3NO_5 + 2HO$). Zweifach-chromsaures Kali ($KO, 2CrO_3$) und zweifach-chromsaures Silberoxyd ($AgO, 2CrO_3$). Unterschwefligsaurer Kalk ($CaO, S_2O_2 + 6HO$; vergl. §. 367). Isomorph sind s. g. vierfach-oxalsaures Kali ($KO, 3HO, 2C_4O_6 + 4HO$) und das entsprechende Ammoniumoxydsalz.

Register.

Die Zahlen geben die Seiten an. — Die Salze stehen unter dem Namen der Säure oder des Salzbilders.

Adular 325.
Aepfelsaure Salze:
AmO, HO, $C_8H_4O_8$ 277.
CaO, HO, $C_8H_4O_8$ + 8HO 277.
Akanthit 268.
Alabandin 122.
Alaune 126.
Alaunerde, vgl. Thonerde.
Alaunstein 219.
Albit 341.
Aldehyd-Ammoniak 221.
Almandin 126.
Alstonit 274.
Amalgame 121.
Ameisensaure Salze:
BaO, C_2HO_3 277.
CdO, C_2HO_3 + 2HO 327.
CuO, C_2HO_3 + 4HO 327.
SrO, C_2HO_3 + 2HO 277.
Amethyst 214.
Ammoniumamalgam 121.
Amphibol 325.
Analcim 127.
Anatas 162.
Anhydrit 273.
Anorthit 341.
Anthophyllit 325.
Antimon 213.
Antimonglanz 268.
Antimonoxyd SbO_3 122, 267.
Antimonsilberblende 216.
Apatit 219.
Apophyllit 166.
Arfvedsonit 325.
Arkansit 267.
Arragonit 273.
Arsen 213.
Arsenige Säure AsO_3 122, 267.
Arsenikalkies 269.
Arsenikkies 269.
Arsenikkobalt CoAs 121, Co_2As_3 122.
Arseniknickel NiAs 121, Ni_3As 163.
Arseniksilberblende 216.
Arsensaure Salze:
AmO, 2HO, AsO_5 165.
2AmO, HO, AsO_5 320.
4CuO, AsO_5 + HO 275.
KO, 2HO, AsO_5 165.
NaO, 2HO, AsO_5 + 2HO 272.
2NaO, HO, AsO_5 + 14HO 321.
2NaO, HO, AsO_5 + 24HO 321.
NaO, AmO, HO, AsO_5 + 8HO 321.
NaO, KO, HO, AsO_5 + 14HO 321.
3 [3PbO, AsO_5] + PbCl 219.
Asparagin 280.
Augit 325.
Auripigment 268.
Axinit 341.

Barythydrat BaO + 9HO 163.
Barytocalcit 218, 274.
Bergkrystall 214.
Beryll 220.
Beryllerde 215.

Bittererde, vgl. Magnesia.
Bittersalz 274.
Bitterspath 217.
Blei 121.
Bleiglanz 123.
Bleihornerz 166.
Bleioxyd PbO 267.
Bleivitriol 272.
Bleizucker 327.
Blende 122.
Blutlaugensalz, gelbes, 166.
— — rothes, 328.
Bor 162.
Boracit 125.
Borax 319, oktaëdrischer 125.
Borsäure BO_3+3HO 341.
Borsaure Salze:
$2[3MgO, 4BO_3]+MgCl$ 125.
$NaO, 2BO_3+5HO$ 125.
$NaO, 2BO_3+10HO$ 319.
Braunbleierz 220.
Braunit 163.
Brechweinstein 279.
Brom-Verbindungen:
AgBr 125.
AmBr 124.
AmBr+Cfy, 2Am+3HO 221.
BaBr+2HO 270.
HgBr 269.
KBr 124.
MnBr+4HO 318.
NaBr 124; NaBr+4HO 318.
$Pt_{(o.\,Pd)}Br_2$, $Am_{(o.\,K\,u.\,a.)}Br$ 125.
$PtBr_2$, ZnBr+6HO 216.
Bromsaure Salze:
AgO, BrO_5 165.
BaO, BrO_5+HO 320.
CoO, BrO_5+6HO 126.
KO, BrO_5 218.
MgO, BrO_5+6HO 126.
NaO, BrO_5 125.
NiO, BrO_5+6HO 126.
SrO, BrO_5+HO 320.
ZnO, BrO_5+6HO 126.
Brookit 267.

Cadmium 121.
Cadmiumamalgam 121.
Cadmiumoxyd CdO 122.
Calomel 163.
Campher 221.
Ceylonit 122.
Chabasit 220.
Chlor-Verbindungen:
AgCl 125.
AmCl 124.
AmCl+Cfy, 2Am+3HO 221.
BaCl+2HO 269.
CaCl+6HO 216.
CsCl 124.
CuCl+2HO 270.
CuCl, $Am_{(o.\,K)}Cl+2HO$ 163.
Cu_2Cl 122.
FeCl+4HO 318.
HgCl 269.
Hg_2Cl 163.
$IrCl_2$, $Am_{(o.\,Cs,K,Rb)}Cl$ 125.
KCl 124.
LiCl 125.
MnCl+4HO 318.
NaCl 124; NaCl+4HO 318.
$NaCl+2C_{12}H_{12}O_{12}+2HO$ 221.
PbCl 269.
$PbCl+PbO, CO_2$ 166.
$PdCl_2$, $Am_{(o.\,K\,u.\,a.)}Cl$ 125.
$PtCl_2$, $Am_{(o.\,K\,u.\,a.)}Cl$ 125.
$PtCl_2$, $Mg_{(o.\,Zn\,u.\,a.)}Cl+6HO$ 216.
RbCl 124.
SnCl+2HO 318.
$SnCl_2$, $Am_{(o.\,K)}Cl$ 125.
SrCl+6HO 216.
UCl 125.
Chlorospinell 122.
Chlorsaure Salze:
AgO, ClO_5 165.
BaO, ClO_5+HO 320.
CoO, ClO_5+6HO 126.
CuO, ClO_5+6HO 126.
KO, ClO_5 320.
NaO, ClO_5 125.
NiO, ClO_5+6HO 126.
Chromalaun 126.
Chromeisenstein 122.
Chromoxyd Cr_2O_3 215.
Chromsaure Salze:
$AgO, 2CrO_3$ 341.
$AgO, 2NH_3, CrO_3$ 165.
KO, CrO_3 270.
$KO, 2CrO_3$ 341.
MgO, CrO_3+7HO 274.
NaO, CrO_3+10HO 322.
PbO, CrO_3 324.
Chrysolith 276.
Citronensäure 277.
Codeïn 279.
Cölestin 272.
Corund 215.
Cyan-Verbindungen:
AgCy, KCy 125.
AmCy 124.
CdCy, KCy 125.

Co_2Cy_3, 3 KCy 328.
Cr_2Cy_3, 3 KCy 328.
FeCy, 2 AmCy + 3 HO 166.
FeCy, 2 AmCy + AmCl (o. AmBr) + 3 HO 221.
FeCy, BaCy, KCy + 3 HO 221.
FeCy, 2 KCy + 3 HO 166.
Fe_2Cy_3, 3 K (o. Am) Cy 328.
HgCy 166.
HgCy, KCy 125.
KCy 124.
Mn_2Cy_3, 3 KCy 328.
TiCy + 3 Ti_3N 125.
ZnCy, KCy 125.

Desmin 277.
Diamant 120.
Diaspor 268.
Diopsid 325.
Dioptas 220.
Dysluit 122.

Eis 214.
Eisen 121.
Eisenalaun 126.
Eisenglanz 215.
Eisenkies 123.
— — rhombischer 269.
Eisenoxyd Fe_2O_3 215.
Fe_2O_3 + HO 268.
Eisenoxydoxydul Fe_3O_4 122.
Eisenspath 217.
Eisenvitriol 323; vgl. schwefelsaures Eisenoxydul.
Eläolith 220.
Electrum 121.
Epidot 325.
Erythromannit o. Erythroglucin 167.
Essigsaure Salze:
$BaO, C_4H_3O_3$ + 3 HO 327.
$CuO, C_4H_3O_3$ + HO 326.
$CuO, C_4H_3O_3$ + $CaO, C_4H_3O_3$ + 8 HO 167.
$NaO, C_4H_3O_3$ + 6 HO 326.
$PbO, C_4H_3O_3$ + 3 HO 327.
2 [$U_2O_3, C_4H_3O_3$] + $AgO, C_4H_3O_3$ + 2 HO 167.
2 [$U_2O_3, C_4H_3O_3$] + $KO, C_4H_3O_3$ + 2 HO 167.
2 [$U_2O_3, C_4H_3O_3$] + $NaO, C_4H_3O_3$ 127.
$ZnO, C_4H_3O_3$ + 3 HO 326.

Fahlerz 124.
Feldspath, monoklinometrischer 325.
— — triklinometrischer 341.
Ferridcyanammonium 328.
Ferridcyankalium 328.
Ferrocyanammonium 166.
Ferrocyanammonium - Chlorammonium und -Bromammonium 221.
Ferrocyankalium 166.
Ferrocyankaliumbaryum 221.
Fluor-Verbindungen:
CaFl 125.
KFl 124.
NaFl 124.
$SiFl_2$, Zn (o. Ni u. a.) Fl + 6 HO 217.
$SnFl_2$, Zn (o. Ni u. a.) Fl + 6 HO 217.
$TiFl_2$, Zn (o. Ni u. a.) Fl + 6 HO 217.
$ZrFl_2$, Zn (o. Ni) Fl + 6 HO 217.
Flussspath 125.
Franklinit 122.

Gahnit 122.
Galmei 276.
Gelbbleierz 164.
Glaserz 123.
Glaubersalz 322.
Glimmer, s. g. optisch-einaxiger, 221.
— — optisch-zweiaxiger, 276.
Gold 121.
Goldsilber 121.
Grammatit 325.
Granat 126.
Graphit 213.
Grauspiessglanzerz 268.
Greenockit 215.
Grossular 126.
Grünbleierz 220.
Grünspan 326.
Gyps 322.

Hämatoxylin 167.
Harmotom 275.
Hauerit 123.
Hausmannit 163.
Hedenbergit 325.
Hercinit 122.
Honigstein 167.
Hornblei 166.
Hornblende 325.
Hyacinth 166.

Idokras 166.
Ilmenit 215.
Ilvaït 276.
Iridiumplatin 121.

Jod 267.
Jod-Verbindungen:
AgJ 216.
AmJ 124.
HgJ 163, 269.
KJ 124.
NaJ 124; NaJ+4HO 318.
ZnJ 125.
Jodsaure Salze:
AmO,JO_5 164.
BaO,JO_5+HO 320.
KO,JO_5 126.
Junkerit 185.

Kalium 121.
Kaliumamalgam 121.
Kalkspath 217.
Kalktalkspath 217.
Kampylit 219.
Kaneelstein 126.
Kapnit 217.
Kieselsäure 214.
Kieselzinkerz 276.
Kleesäure, vgl. Oxalsäure.
Kobaltglanz 123.
Kobaltspeise 163.
Kobaltvitriol 323; vergl. schwefels. Kobaltoxydul.
Kochsalz 124.
Kohlensaure Salze:
$AmO,HO,2CO_2$ 271.
BaO,CO_2 273.
CaO,CO_2 217, 273.
$2CuO,CO_2+HO$ 319.
$3CuO,2CO_2+HO$ 319.
FeO,CO_2 217.
MgO,CO_2 217.
MgO,CO_2+5HO 319.
MnO,CO_2 217.
$KO,HO,2CO_2$ 318.
NaO,CO_2+7HO 274.
NaO,CO_2+10HO 319.
$2NaO,3CO_2+3HO$ 319.
$NaO,HO,2CO_2$ 319.
PbO,CO_2 273.
PbO,CO_2+PbCl 166.
SrO,CO_2 273.
ZnO,CO_2 217.
Kohlenstoff 120, 213.
Kokkolith 325.
Kreittonit 122.
Kupfer 121.
Kupferglanz 268.
Kupferkies 163.
Kupferlasur 319.
Kupferoxydul Cu_2O 122.
Kupfervitriol 341.

Labrador 341.
Leucit 126.
Libethenit 275.
Lievrit 276.

Magnesia 122.
Magnesit 217.
Magnesium 121.
Magneteisen 122.
Magnetkies 216.
Malachit 319.
Malakolith 325.
Manganblende 122.
Manganit 268.
Manganoxyd Mn_2O_3 163.
Mn_2O_3+HO 268.
Manganoxydoxydul Mn_3O_4 163.
Manganoxydul MnO 122.
Mangans. Kali KO,MnO_3 270.
Manganspath 217.
Mangansuperoxyd MnO_2 267.
Manganvitriol 341; vergl. schwefels. Manganoxydul.
Melanit 126.
Melliths. Thonerde 167.
Mesitinspath 217.
Mimetesit 219.
Misspickel 269.
Molybdäns. Bleioxyd 164.

Nadeleisenerz 268.
Natrium 121.
Natronsalpeter 218.
Neotyp 218.
Nephelin 220.
Nickelantimonglanz 124.
Nickelglanz 123.
Nickeloxydul NiO 122.
Nickelvitriol 274; vergl. schwefels. Nickeloxydul.

Oligoklas 341.
Oligonspath 217.

Olivenit 275.
Olivin 276.
Orthit 326.
Orthoklas 325.
Osmium-Iridium 214.
Oxalsäure 326.
Oxalsaure Salze:
$Al_2O_3, 3K$ (o. Am) $O, 3C_4O_6 + 6HO$ 328.
$2AmO, C_4O_6 + 2HO$ 278.
$AmO, HO, C_4O_6 + 2HO$ 278.
$AmO, 3HO, 2C_4O_6 + 4HO$ 341.
$Cr_2O_3, 3K$ (o. Am) $O, 3C_4O_6 + 6HO$ 328.
$Fe_2O_3, 3K$ (o. Am) $O, 3C_4O_6 + 6HO$ 328.
$2KO, C_4O_6 + 2HO$ 327.
KO, HO, C_4O_6 327.
$KO, 3HO, 2C_4O_6 + 4HO$ 341.

Palladium 121, 214.
Parasulfat-Ammon 166.
Peridot 276.
Periklas 122.
Periklin 341.
Philippsit 275.
Phosphor 121.
Phosphorsaure Salze:
$AmO, 2HO, PO_5$ 165.
$2AmO, HO, PO_5$ 320.
$3[3CaO, PO_5] + CaFl$ 219.
$4CuO, PO_5 + HO$ 275.
$KO, 2HO, PO_5$ 165.
$2MgO, AmO, PO_5 + 12HO$ 272.
$NaO, 2HO, PO_5 + 2HO$ 272.
$2NaO, HO, PO_5 + 14HO$ 321.
$2NaO, HO, PO_5 + 24HO$ 321.
$NaO, AmO, HO, PO_5 + 8HO$ 321.
$NaO, KO, HO, PO_5 + 14HO$ 321.
$3[3PbO, PO_5] + PbCl$ 219.
Phycit 167.
Piperin 329.
Pistacit 325.
Platiniridium 121.
Pleonast 122.
Plumbocalcit 218.
Pyrolusit 267.
Pyromorphit 219.
Pyrop 126.
Pyroxen 325.

Quarz 214.
Quecksilber 121.
Quecksilberhornerz 163.

Realgar 318.
Rohrzucker 329.
Rotheisenerz 215.
Rothgültigerz 216.
Rothkupfererz 122.
Rutil 162.

Salit 325.
Salmiak 124.
Salpeter 270.
Salpetersaure Salze:
AgO, NO_5 275.
AmO, NO_5 270.
BaO, NO_5 126.
CsO, NO_5 218.
$2HgO, NO_5 + 2HO$ 271.
$Hg_2O, NO_5 + 2HO$ 320.
$4Hg_2O, 3NO_5 + HO$ 271.
$5Hg_2O, 3NO_5 + 2HO$ 341.
KO, NO_5 218, 270.
LiO, NO_5 218.
NaO, NO_5 218.
PbO, NO_5 126.
RbO, NO_5 218.
SrO, NO_5 126.
$SrO, NO_5 + 4HO$ 324.
$U_2O_3, NO_5 + 6HO$ 274.
Sapphir 215.
Scheelbleierz 164.
Scheelit 164.
Schlippe'sches Salz 124.
Schnee 214.
Schwefel 266, 317.
Schwefelkies 123.
Schwefel-Verbindungen:
AgS 123, 268.
$3AgS, Sb$ (o. As) S_3 216.
AsS_2 318; AsS_3 268.
BiS_3 268.
CdS 215.
Cu_2S 122, 268.
Cu_2S, Fe_2S_3 163.
$4Cu_2$ (o. Ag o. a.) S, Sb (o. As) S_3 124.
Fe_7S_8 216; FeS_2 123, 269.
HgS 216.
MnS 122; MnS_2 123.
PbS 123.
SbS_3 268.
$SbS_5, 3NaS + 18HO$ 124.
ZnS 122, 215.
Schwefelsaure Salze:
AgO, SO_3 271.
$AgO, 2NH_3, SO_3$ 165.
$Al_2O_3, 3SO_3 + K$ (o. Am u. a.) $O, SO_3 + 24HO$ 126.

$3[Al_2O_3, SO_3] + KO, SO_3 + 6HO$ 219.
AmO, SO_3 270.
BaO, SO_3 272.
CaO, SO_3 273.
$CaO, SO_3 + 2HO$ 322.
$3[CdO, SO_3] + 8HO$ 322.
$CdO, SO_3 + K$ (o. Am u. a.) $O, SO_3 + 6HO$ 323.
$CoO, SO_3 + 6HO$ 322.
$CoO, SO_3 + 7HO$ 323.
$CoO, SO_3 + K$ (o. Am u. a.) $O, SO_3 + 6HO$ 323.
$Cr_2O_3, 3SO_3 + K$ (o. Am) $O, SO_3 + 24HO$ 126.
$CuO, SO_3 + 5HO$ 341.
$CuO, SO_3 + K$ (o. Am u. a.) $O, SO_3 + 6HO$ 323.
$FeO, SO_3 + 4HO$ 322.
$FeO, SO_3 + 5HO$ 341.
$FeO, SO_3 + 7HO$ 323.
$FeO, SO_3 + K$ (o. Am u. a.) $O, SO_3 + 6HO$ 323.
$FeO, SO_3 + NaO, SO_3 + 4HO$ 324.
$Fe_2O_3, 3SO_3 + K$ (o. Am) $O, SO_3 + 24HO$ 126.
KO, SO_3 270.
$KO, HO, 2SO_3$ 271, 321.
$3[KO, SO_3] + NaO, SO_3$ 218.
LiO, SO_3 218.
$LiO, SO_3 + 2[KO, SO_3]$ 219.
$x[LiO, SO_3] + NaO, SO_3 + 6HO$ 219.
$MgO, SO_3 + 6HO$ 322.
$MgO, SO_3 + 7HO$ 219, 274.
$MgO, SO_3 + K$ (o. Am u. a.) $O, SO_3 + 6HO$ 323.
$MnO, SO_3 + 4HO$ 322.
$MnO, SO_3 + 5HO$ 341.
$MnO, SO_3 + 7HO$ 323.
$MnO, SO_3 + K$ (o. Am u. a.) $O, SO_3 + 6HO$ 323.
$MnO, SO_3 + NaO, SO_3 + 4HO$ 324.
$Mn_2O_3, 3SO_3 + K$ (o. Am) $O, SO_3 + 24HO$ 126.
NaO, SO_3 271.
$NaO, SO_3 + 7HO$ 274.
$NaO, SO_3 + 10HO$ 322.
$NaO, SO_3 + 3[KO, SO_3]$ 218.
$NiO, SO_3 + 6HO$ 165, 322.
$NiO, SO_3 + 7HO$ 274.
$NiO, SO_3 + K$ (o. Am u. a.) $O, SO_3 + 6HO$ 323.
PbO, SO_3 272.
RbO, SO_3 270.
SrO, SO_3 272.
$ZnO, SO_3 + 6HO$ 322.
$ZnO, SO_3 + 7HO$ 274.
$ZnO, SO_3 + K$ (o. Am u. a.) $O, SO_3 + 6HO$ 323.
$ZnO, SO_3 + NaO, SO_3 + 4HO$ 324.
Schwerspath 272.
Seignettesalz 279.
Selen 317.
Selen-Verbindungen:
AgSe 123.
(Hg u. Pb) Se 123.
PbSe 123.
Selensaure Salze:
AgO, SeO_3 271.
$AgO, 2NH_3, SeO_3$ 165.
$CuO, SeO_3 + 5HO$ 341.
KO, SeO_3 270.
$MgO, SeO_3 + 7HO$ 274.
NaO, SeO_3 271.
$NiO, SeO_3 + 6HO$ 165.
$ZnO, SeO_3 + 6HO$ 165.
Senarmontit 122.
Silber 121.
Silberamalgam 121.
Silberblende 216.
Silberglanz 123.
Silberkupferglanz 268.
Silicium 121.
Smaragd 220.
Soda 319.
Spatheisenstein 217.
Speerkies 269.
Speiskobalt 121.
Spinell 122.
Staurolith 276.
Steinsalz 124.
Stilbit 277.
Strontianhydrat $SrO + 9HO$ 163.
Strontianit 273.
Struvit 272.
Sublimat 269.

Talkspath 217.
Taurin 329.
Tellur 213.
Tellurblei 123.
Tesseralkies 122.
Tetartin 341.
Thonerde Al_2O_3 215.
$Al_2O_3 + HO$ 268.
Tinkal 320.
Titaneisen 215.
Titansäure TiO_2 162, 267.
Titans. Eisenoxydul 215.

Topas 275.
Traubensäure 341.
Traubenzucker mit Chlornatrium 221.
Tremolith 325.
Trona 319.
Turmalin 220.

Ueberchlorsaure Salze:
AmO, ClO_7 272.
KO, ClO_7 272.
Uebermangansaure Salze:
AmO, Mn_2O_7 272.
BaO, Mn_2O_7 271.
KO, Mn_2O_7 272.
Unterschwefelsaure Salze:
BaO, S_2O_5 + 4 HO 219.
CaO, S_2O_5 + 4 HO 219.
PbO, S_2O_5 + 4 HO 219.
SrO, S_2O_5 + 4 HO 219.
Unterschwefligsaure Salze:
CaO, S_2O_2 + 6 HO 341.
NaO, S_2O_2 + 5 HO 324.
Uwarowit 126.

Vanadinbleierz 220.
Vesuvian 166.
Vitriole, vergl. die einzelnen und bei den schwefels. Salzen, über gemischte namentlich 323.

Wasser 214.
Weinstein 278.
Weinsäure 326.
Weinsaure Salze:
2 AmO, $C_8H_4O_{10}$ 328.
AmO, HO, $C_8H_4O_{10}$ 278.
AsO_3, AmO, $C_8H_4O_{10}$ + HO 279.
2 KO, $C_8H_4O_{10}$ + HO 328.
KO, HO, $C_8H_4O_{10}$ 278.
NaO, K(o. Am)O, $C_8H_4O_{10}$ + 8 HO 278.
SbO_3, K(o. Am) O, $C_8H_4O_{10}$ + HO 279.
Weissbleierz 273.
Weissnickelkies 121.
Weissspiessglanzerz 267.
Wismuth 213.
Witherit 273.
Wolfram 275.
Wolframsaure Salze:
CaO, WO_3 164.
(Fe u. Mn) O, WO_3 275.
PbO, WO_3 164.
Wurtzit 215.

Zink 214.
Zinkblende 122.
Zinkoxyd ZnO 214.
ZnO + HO 267.
Zinkspath 217.
Zinkvitriol 274.
Zinn 162.
Zinnober 216.
Zinnoxyd SnO_2 162, 267.
Zinnsalz 318.
Zinnstein 162.
Zirkon 166.
Zoisit 326.
Zucker 329.